

超配（维持）

## 雷达与卫星双擎驱动，有望受益于下游规模建设

收发组件行业专题报告

2025 年 3 月 31 日

### 投资要点：

陈伟光

SAC 执业证书编号：

S0340520060001

电话：0769-22119430

邮箱：

chenweiguo@dgzq.com.cn

罗炜斌

SAC 执业证书编号：

S0340521020001

电话：0769-22110619

邮箱：

luoweibin@dgzq.com.cn

分析师：陈湛谦

SAC 执业证书编号：

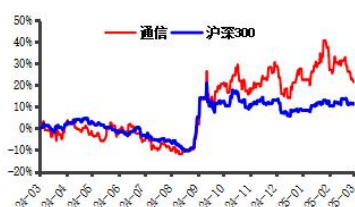
S0340524070002

电话：0769-22119302

邮箱：

chenzhanqian@dgzq.com.cn

### 申万通信指数走势



资料来源：iFind，东莞证券研究所

### 相关报告

- **T/R组件（收发组件）是射频系统的核心组件。**T/R组件由发射和接收通道组成，接收微波信号放大后输出，发射信号经功率放大后由天线发射，是雷达或通信系统实现信号收发放大的核心组件，组件中常见包括收发转换开关、数控多态移相器、数控多态衰减器、固态微波功率放大器、功率环行器、功率限幅器、低噪声放大器、镜像抑制混频器、中频信号滤波放大电路等元件。T/R组件广泛应用于遥感、探测、制导、防空等军事应用以及卫星通信与导航、气象监测等民用领域。
- **全球军事与民用雷达快速发展。**全球雷达军用与民用市场持续增长，整体市场规模呈现稳健爬坡态势，未来五年全球市场规模CAGR约为3.5%。有源相控阵T/R组件额外集成相位控制和幅度控制功能，在波束形成器的控制下能够调节信号的相位和幅度，可构成用于相控阵雷达的有源相控阵阵面，其性能直接决定相控阵雷达系统的作用距离、空间分辨率、接收灵敏度等关键参数。
- **有望充分受益于卫星通信规模建设。**T/R组件是低轨通信卫星载荷中相控阵天线的关键元器件，是卫星载荷中的高价值量环节，其通过相控阵天线技术实现波束的灵活控制和动态调整，从而完成信号的定向发射与高灵敏度接收。尤其在低轨卫星星座等现代通信系统中，大规模集成的T/R组件显著降低了系统功耗和体积，同时支持高频段（如Ka/Ku波段）信号处理，成为实现高速率、低延迟卫星通信的关键技术基础。
- **投资建议：**在相控阵雷达向民用领域发展以及全球卫星互联网建设加速的催化下，T/R组件雷达与卫星相控阵天线等下游应用的重要元器件有望快速增长。我国相关企业在T/R芯片以及组件自主能力不断提升，有望充分受益于卫星互联网的规模化建设，建议重点关注T/R组件产业链的相关企业。
- **风险提示：**下游建设不及预期；军品需求不及预期；地缘政治因素影响等。

## 目录

1、射频系统的核心元器件，信号收发的重要载体	4
1.1 材料工艺历经发展，应用领域持续拓展	4
1.2 前沿应用的重要电子元器件，政策助力技术突破	8
2、下游应用持续发展，有望拉动 T/R 组件快速增长	11
2.1 全球军事与民用雷达快速发展	11
2.2 受益于卫星通信规模化建设	14
3、重点公司	17
4、投资策略	19
5、风险提示	20

## 插图目录

图 1：德州仪器设计的 T/R 组件原理及实物图片	4
图 2：国博电子 T/R 产品示例	4
图 3：典型的 T/R 组件组成框图	5
图 4：高效率 3D 封装 T/R 组件示例图	6
图 5：三菱公司采用 FlipChip 技术的 T/R 组件	6
图 6：典型的 T/R 组件组成框图	11
图 7：相控阵雷达工作示例图	12
图 8：传统/无源相控阵/有源相控阵雷达引导头	12
图 9：有源相控阵雷达系统结构示意图	13
图 10：有源相控阵 T/R 组件工作原理示意图	13
图 11：2017-2026 年全球军用/民用雷达市场规模	13
图 12：2017-2026 年我国军用/民用雷达市场规模	13
图 13：雷达行业全球市场分别	14
图 14：2017-2026 年我国相控阵雷达市场规模	14
图 15：Winds 星载相控阵	15
图 16：铱星 MMA 天线及波束覆盖示意	15
图 17：典型卫星通信系统示意图	15
图 18：卫星通信建设是实现 6G 典型应用场景的前提	15
图 19：Starlink 卫星近地分布情况	16
图 20：Starlink 卫星在轨数量明细	16
图 21：2022 年底主要国家和地区在轨卫星数量	16
图 22：频率分配支持卫星通信可持续发展	16
图 23：全球卫星通信产业市场规模	17
图 24：我国卫星通信产业市场规模	17
图 25：2019-2024 年国博电子营业收入	18
图 26：2019-2024 年国博电子扣非归母净利润	18
图 27：2019-2024 年前三季度铖昌科技营业收入	19
图 28：2019-2024 年前三季度铖昌科技归母净利润	19

## 表格目录

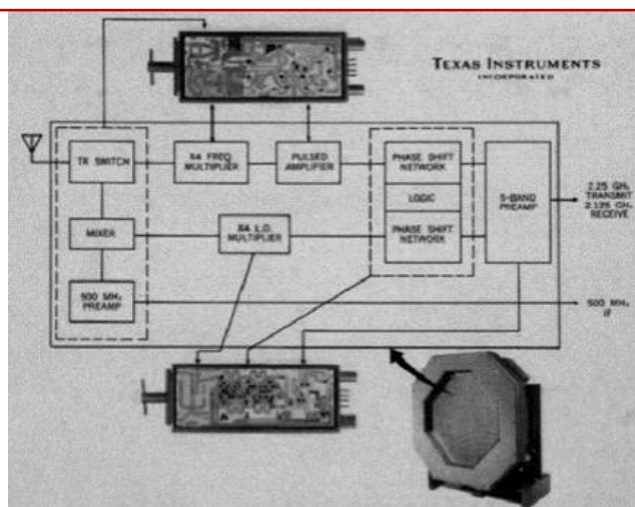
表 1：不同材料的 T/R 组件差异 .....	5
表 2：不同波段的 T/R 组件差异及应用领域 .....	6
表 3：近年来 T/R 组件产业相关政策列举 .....	8
表 4：有源相控阵雷达与无源相控阵雷达区别 .....	12
表 5：重点公司盈利预测及投资评级（截至 2025/3/28） .....	19

## 1、射频系统的核心元器件，信号收发的重要载体

### 1.1 材料工艺历经发展，应用领域持续拓展

T/R 组件（收发组件）是射频系统的核心组件。T/R 组件由发射和接收通道组成，接收微波信号放大后输出，发射信号经功率放大后由天线发射，是雷达或通信系统实现信号收发放大的核心组件，组件中常见包括收发转换开关、数控多态移相器、数控多态衰减器、固态微波功率放大器、功率环行器、功率限幅器、低噪声放大器、镜像抑制混频器、中频信号滤波放大电路等元件。T/R 组件广泛应用于遥感、探测、制导、防空等军事应用以及卫星通信与导航、气象监测等民用领域。

图 1：德州仪器设计的 T/R 组件原理及实物图片



资料来源：《基于 SiP 的毫米波 T/R 组件关键技术研究》，东莞证券研究所

图 2：国博电子 T/R 产品示例

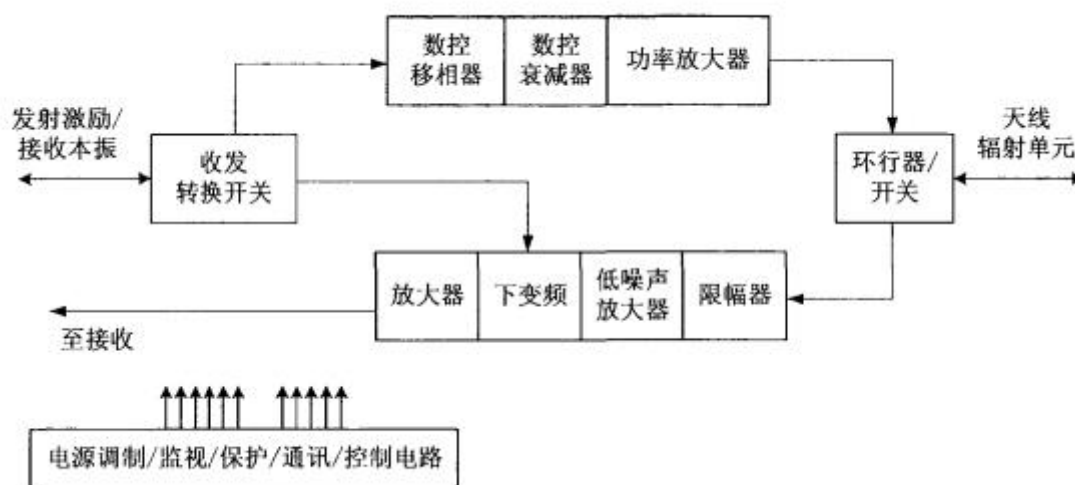


资料来源：南京国博电子股份有限公司官方网站，东莞证券研究所

经典的 T/R 组件分别含有发射支路和接收支路以及通讯/控制/监视和保护/电源调制等必要运行电路。其中，发射支路工作原理为：由收发转换开关（激励口）、数控多态移相器、数控多态衰减器、固态微波功率放大器和功率环行器（或功率开关）等组成。在配置 T/R 组件发射通道时，通讯控制电路会接收雷达上位机的波控信号；发射激励信号到来之前，先将收发转换开关转换至发射支路。之后发射射频激励信号需经过收发转换开关、数控功率移相器、数控功率衰减器和固态微波功率放大器等器件进行输出幅度和插入相位控制，最后经环行器（或开关）馈至天线辐射单元。

接收支路的工作原理为：主要由功率环行器（或功率开关）、功率限幅器、低噪声微波放大器、镜像抑制混频器、中频信号滤波放大电路、收发转换开关等组成。当雷达上位机发出波控指令后，控制电路首先将收发转换开关快速切至接收支路，天线回波的微弱接收信号经环行器（或开关）进入接收支路，之后经过限幅器、LNA、镜像抑制混频器、中频放大器、收发转换开关，完成对接收信号的放大。

图 3：典型的 T/R 组件组成框图



资料来源：《S 波段有源相控阵雷达 TR 组件研究》，东莞证券研究所

T/R 组件发展主要可分为三大发展路径。1) 材料科学的发展应用：20 世纪 80 年代以来，以 GaAs 为代表的第二代半导体材料在微波射频领域得到应用，其高频、宽禁带、高压等特性使得射频功率放大器、低噪声放大器等器件的性能得到提升。在 21 世纪 10 年代 GaN 材料逐步替代 GaAs，功率密度进一步得到提升。如今应用在 T/R 组件的材料主要包括砷化镓（GaAs）、氮化镓（GaN）、硅基材料（CMOS/SiGe）、磷化铟（InP）等，以覆盖不同的耐温性与功率密度。

表 1：不同材料的 T/R 组件差异

	砷化镓（GaAs）	氮化镓（GaN）	硅基（CMOS/SiGe）	磷化铟（InP）
成本	中高	高（下降趋势）	极低	极高
功率密度	中等	极高	低	低
效率	中等	高	低	中等
耐温性	一般	优异	一般	较差
集成度	中	中高（MMIC）	极高（SoC）	低

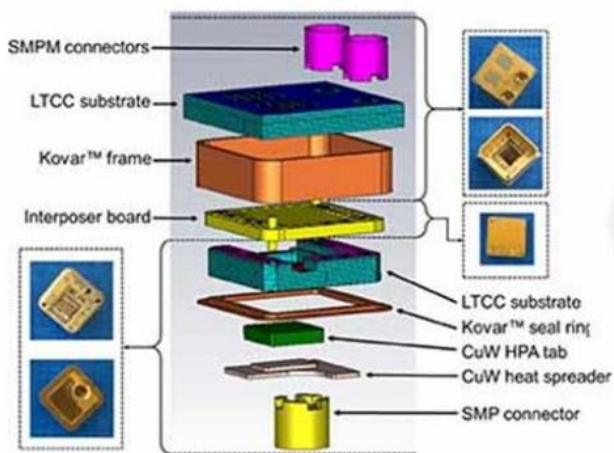
资料来源：《GaN vs. GaAs for RF Amplifiers and Power Conversion》，《数字 T/R 组件及其研究》，《S 波段有源相控阵雷达 TR 组件研究》，世强硬创平台，东莞证券研究所

2) 排列、堆叠等工艺水平提高：MCM、LTCC 的技术应用技术提高了 T/R 组件的集成度和性能，MCM 通过将多个芯片集成于单一基板，减少互连损耗并提升信号完整性，LTCC 利用多层陶瓷结构实现高密度布线，支持射频无源器件的嵌入式设计。1992 年，使用 MMIC



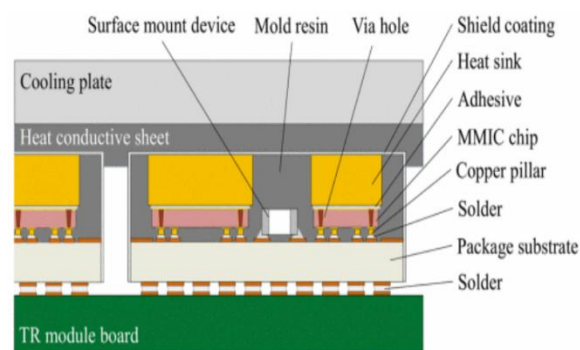
技术设计的一款高性能的 6-18 GHz 双通道 T/R 组件面世，两个通道中的每一个都具有可选择的水平和垂直极化能力。基于多层 HTCC 基板的 C-Ku 波段的 T/R 组件、工作在 60GHz 的晶圆级相控阵阵列、3D 封装 T/R 组件面世，FlipChip、TSV、SiP 等工艺与技术在 T/R 组件中相继得到应用，其中 SiP 技术的发展促进了 T/R 组件设计方法论的进步。

图 4：高效率 3D 封装 T/R 组件示例图



资料来源：《基于 SiP 的毫米波 T/R 组件关键技术研究》，东莞证券研究所

图 5：三菱公司采用 FlipChip 技术的 T/R 组件



资料来源：《基于 SiP 的毫米波 T/R 组件关键技术研究》，东莞证券研究所

**3) 多频段与多领域扩展：**波段覆盖是 T/R 组件发展的重要特征，各种目标探测系统中，波段是探测系统设计中一个很重要的指标参数，不同波段的抗干扰能力、穿透力有所差异，波段的选择直接关系到系统的精确度。目前 T/R 组件可用于 L 波段（气象雷达/北斗卫星）、S 波段（舰载雷达/民航管制雷达）、C 波段（导弹制导系统）、X 波段（无人机探测/机载雷达）、Ku 波段（高分辨率与带宽扩展/卫星通信）、Ka 波段（毫米波频段/高增益天线）、太赫兹（光子学与电子学融合技术）和 V/W 波段（超高频段/极宽带宽），下游用途持续向多波段拓展的同时，下游应用也不断向卫星通信、高速数据链、更精确制导等方向发展。

表 2：不同波段的 T/R 组件差异及应用领域

波段	频率范围	技术特点	典型应用场景	优势	劣势
L 波段	1-2 GHz	低频段，波长较长，穿透力强；功率效率高，成本较低。	气象雷达、卫星导航（北斗）、地基预警雷达。	抗干扰能力强、适合广域覆盖、技术成熟，量产成本低。	分辨率较低、带宽有限，难以支持高速通信。

<b>S 波段</b>	2-4 GHz	兼顾穿透力与分辨率；多用于多功能雷达；兼容相控阵与机械扫描混合设计	舰载雷达、民航管制雷达。	平衡探测距离与精度、抗雨衰性能较好。	带宽仍受限，难以满足超高速需求。
<b>C 波段</b>	4-8 GHz	高分辨率与中等探测距离；常用于火控雷达；高集成度设计（LTCC 工艺）。	导弹制导系统、机载火控雷达。	精度与实时性突出、适合动态目标跟踪。	易受天气干扰
<b>X 波段</b>	8-12 GHz	高分辨率、窄波束；高功率密度（GaN 技术）；轻量化设计。	机载雷达、精密跟踪雷达、无人机探测。	适合高精度成像、小型化潜力大。	大气衰减较明显、散热要求高。
<b>Ku 波段</b>	12-18 GHz	高分辨率与带宽扩展、多用于卫星通信、抗干扰设计。	卫星通信（星间链路）、高速数据链。	带宽资源丰富、支持高速数据传输。	雨衰严重（需动态功率调整）。
<b>Ka 波段</b>	26.5-40 GHz	毫米波频段，超大带宽、高增益天线（波束成形）。	低轨卫星通信（鸿雁星座）、5G 基站回传。	支持超高速通信（>1Gbps）、频谱资源充足。	大气衰减显著（需中继补偿）、器件工艺复杂度高。
<b>V/W 波段</b>	40-110 GHz	超高频段，极宽带宽；高集成度（三维封装）；硅基（SiGe）与 GaN 混合工艺。	6G 太赫兹通信原型系统、高分辨率成像雷达（安检、医疗）。	带宽可达 10GHz 以上、支持亚毫米级成像。	传输距离短（<1km）、器件成本极高。
<b>太赫兹</b>	0.1-10 THz	光子学与电子学融合技术；超高分辨率（亚毫米级）；实验阶段（2024 年星载验证）。	6G 通信、隐蔽目标探测（墙体透视）、生物医学成像。	突破频谱瓶颈、非电离辐射，安全性高。	技术不成熟（器件效率低）、大气吸收严重。

资料来源：NAST 国科网，《X 波段带幅度加权功能 T/R 组件设计》，世强硬创平台，《毫米波相控阵天线雷达导引头技术研究》，《南京国博电子股份有限公司 2024 年半年度报告》，东莞证券研究所

在未来发展趋势方面，在 T/R 组件硬件设计上，工艺以及新型技术发展的助推下一直向着小型化、成本、轻量化等方向发展，单芯片 T/R 组件是未来 T/R 组件发展的主要方向之一。在相控阵雷达构架层面，数字波束形成构架是未来主要发展趋势。

## 1.2 前沿应用的重要电子元器件，政策助力技术突破

下游应用受国家政策支持，T/R 组件作为重要电子组件受多项政策直接或间接扶持。近年来，我国相关部门及地方政府密集发布有关航天航空、卫星通信、国防信息化建设等领域的相关政策和规定，支持 T/R 组件发展的政策持续颁布。

在集成电路发展方面，2020 年 8 月，国务院发布《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》，该政策从财税、投融资、研发、人才等八个方面提出支持措施，旨在全面推动集成电路和软件产业的高质量发展，覆盖设计、制造、装备、材料等环节，并提出优化研发补贴、首轮流片支持、EDA 工具生态建设等措施，为 T/R 组件等细分领域的技术攻关和产业化提供了基础支撑环境。“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要由第十三届全国人民代表大会第四次会议在 2021 年表决通过，作为指导我国 2021-2025 年经济社会发展及 2035 年远景目标的纲领性文件，其明确提出“加快补齐基础零部件及元器件、基础软件、基础材料等瓶颈短板”，并明确推动集成电路、航空航天装备等产业创新发展，强调“集中优势资源攻关关键元器件、零部件和基础材料”，并将人工智能、量子信息、集成电路等前沿领域列为突破重点，T/R 组件作为相控阵雷达的核心部件，在 5G 毫米波通信、卫星互联网等新一代信息技术中的应用，属于上述领域的重点攻关方向的重要电子元器件。

表 3：近年来 T/R 组件产业相关政策列举



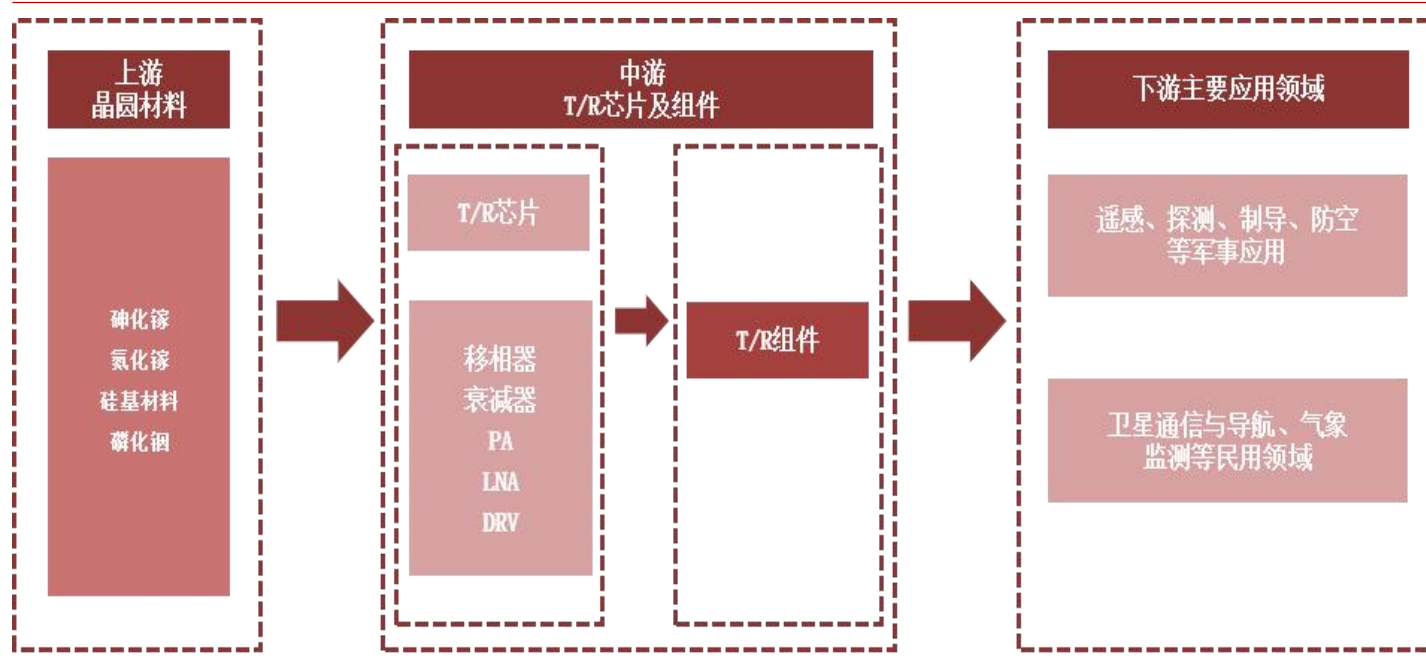
政策名称	发布单位	时间	重点内容
《涉军企事业单位改制重组上市及上市后资本运作军工事项审查申报指南（2018年版）》	国防科工局	2018 年	进一步完善涉军企事业单位改革发展环境,提高服务效率和效果,指导涉军企事业单位在改制、重组、上市及上市后资本运作过程中规范操作。
《促进国家重点实验室与国防科技重点实验室、军工和军队重大试验设施与国家重大科技基础设施的资源共享管理办法》	科学技术部、国家发展和改革委员会、国防科工局	2018 年	统筹推进国家重点实验室与国防科技重点实验室、军工和军队重大试验设施与国家重大科技基础设施的资源共享,提高资源利用效率,释放服务潜能,提升协同创新能力,规范相关管理工作。
《国防科技工业强基工程基础研究与前沿技术项目指南（2018 年）》	国防科工局	2018 年	以增强国防基础前沿技术储备、提升国防科技工业自主创新能力为目标,突出对国防科技创新基地、国防特色学科支持,重点发布 6 个主题、17 个重点任务和 24 个培育方向。
《武器装备科研生产备案管理暂行办法》	国防科工局	2019 年	对目录范围内的科研生产实行备案制度,从备案范围、备案程序、权利义务、变更和延续及监督检查等方面对相关科研生产做出了规定。
《产业结构调整指导目录（2019 年本）》	国家发展改革委	2019 年	将“机载设备、集成电路设计”等列为鼓励类产业,推动航空电子及 T/R 组件技术发展。
《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》	国务院	2020 年	针对集成电路企业提供税收减免、研发补贴等政策,支持高端芯片研发,国家鼓励的集成电路线宽小于 28 纳米（含）且经营期在 15 年以上的集成电路生产企业或项目,第一年至第十年免征企业所得税;国家鼓励的集成电路设计、装备、材料、封装、测试企业和软件企业,自获利年度起,第一年至第二年免征企业所得税,第三年至第五年按照 25% 的法定税率减半征收企业所得税,间接推动 T/R 组件核心芯片的国产化进程。
“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要	国务院	2021 年	明确提出补齐基础零部件短板,聚焦新一代信息技术、高端装备等领域,推动关键核心技术创新,支持包括雷达、通信系统等高端电子组件的研发应用。

《中华人民共和国工业和信息化部国家发展和改革委员会财政部国家税务总局公告 2021 年第 9 号》	工信部、国家发展和改革委员会、财政部、国家税务总局	2021 年	加强自主创新,加快数字政府建设领域关键核心技术攻关,强化安全可靠技术和产品应用,切实提高自主可控水平。强化关键信息基础设施保护,落实运营者主体责任。开展对新技术新应用的安全评估,建立健全对算法的审核、运用、监督等管理制度和技术措施。
《关于印发“十四五”国家应急体系规划的通知》	国务院	2022 年	构建基于天通、北斗、卫星互联网络等技术的卫星通信管理系统,实现应急通信卫星资源的统一调度和综合应用,提高公众增强应急短波网覆盖和组网能力。
《关于科技创新驱动加快建设交通强国的意见》	交通运输部、科学技术部	2023 年	推动大数据、人工智能、区块链、物联网、云计算和新一代无线通信、北斗导航、卫星通信、高分遥感卫星等技术与交通运输深度融合,开发新一代智能交通系统,促进自动驾驶、智能航运等加快应用。
国家重大专项资助计划	科技部、工信部	2023 年	通过国家专项资助国防和民用领域的 T/R 组件技术研发,推动大规模集成、智能化和高效节能方向的技术迭代,提升国产化率
《广东省推动低空经济高质量发展行动方案(2024—202 年)》	广东省人民政府办公厅	2024 年	到 2026 年,低空管理机制运转顺畅、基础设施基本完备、应用场景加快拓展、创新能力国际领先、产业规模不断突破,推动形成低空制造和服务融合、应用和产业互促的发展格局,打造世界领先的低空经济产业高地,间接推动和 T/R 组件发展。
《山东省低空经济高质量发展三年行动方案(2025—2027 年)》	山东省发展和改革委员会	2024 年	提出到 2027 年形成 10 个以上标杆应用场景,开通 50 条以上市内无人机航线和 20 条以上城际无人机物流航线,载货无人机实现常态化飞行,载人无人机实现商业化飞行,间接推动和 T/R 组件发展。
《关于促进商业运载火箭规范有序发展的通知》	国防科工局	2019 年	规范商业运载火箭的科研生产、试验和发射流程。
《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》	中共中央	2024 年	完善战略性新兴产业发展政策,鼓励社会资本参与航天领域,支持商业遥感卫星研制与运营。
《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》	国家发展改革委、财政部	2025 年	通过超长期特别国债支持高端化、智能化设备更新,对符合条件的企业提供贷款贴息(中央财政贴息 1.5 个百分点+特别国债额外贴息),覆盖电子信息、航空航天等领域,助力 T/R 组件生产设备升级。

资料来源：中国政府网，国家发展改革委，国防科工局，财政部，工信部，国家税务总局，广东省人民政府办公厅，中宏经略研究院，观研报告网，山东省发展和改革委员会，东莞证券研究所

T/R 组件产业链主要可分为上游的砷化镓(GaAs)、氮化镓(GaN)、硅基材料(CMOS/SiGe)、磷化铟(InP)等晶圆材料；中游为 T/R 芯片及组件，T/R 芯片被集成在 T/R 组件中，单芯片是未来组件发展的重要趋势之一；下游包括雷达、卫星通信、毫米波等应用。

图 6：典型的 T/R 组件组成框图



资料来源：《铖昌科技：首次公开发行股票招股说明书》，世强硬创平台，东莞证券研究所

## 2、下游应用持续发展，有望拉动 T/R 组件快速增长

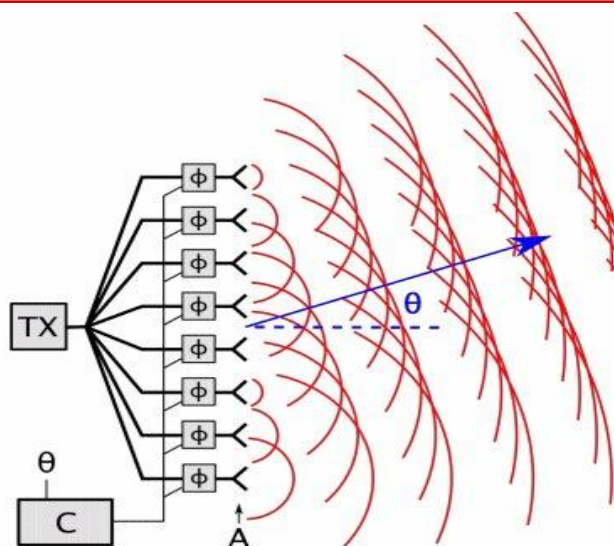
### 2.1 全球军事与民用雷达快速发展

雷达通过发射电磁波并接收目标反射的回波，从而获取目标的距离、方位、高度、速度等信息广泛用于探测、遥感、导航、通信等领域，其中相控阵雷达由大量独立的天线单元组成阵列，每个单元可通过计算机独立控制发射信号的相位和幅度以实现波束快速扫描、空间定向与空域滤波等功能。其中在相控阵雷达领域，初期阶段性产品为分立器件与无源相控阵雷达（PESA），此阶段典型应用包括早期预警雷达和舰载雷达，但受限于频宽窄、功率低和冗余性差，难以满足多目标跟踪需求，同时 1967 年在 MERA 计划中，TI 公司研发出第一款 T/R 组件并制造出世界第一台有源相控阵雷达，此后有源相控阵雷达（AESA）实现 T/R 组件独立化，支持快速电扫和抗干扰能力提升。

相控阵可分为无源相阵和有源相控阵，无源相控阵仅有一个中央发射机和接收机，通过功分网络将信号分配给所有阵元，信号经移相器调整后统一放大处理，天线单元本身无独立发射能力，在探测与卫星通信等领域，由于其功率和灵活性不足，逐步被有源相控阵取代。有源相控阵每个天线阵元均配备独立的 T/R 组件，每个组件能独立产生和接收

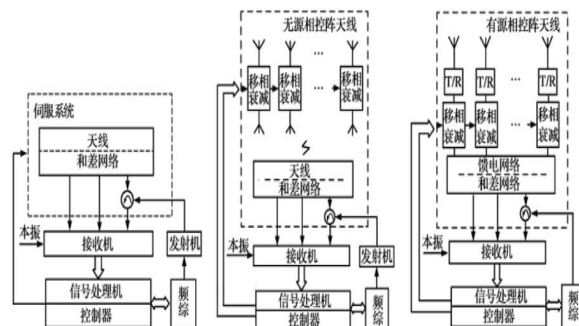
电磁波，实现分布式信号处理。

图 7：相控阵雷达工作示例图



资料来源：传感器专家网，东莞证券研究所

图 8：传统/无源相控阵/有源相控阵雷达引导头



资料来源：《毫米波相控阵天线雷达导引头技术研究》，东莞证券研究所

表 4：有源相控阵雷达与无源相控阵雷达区别

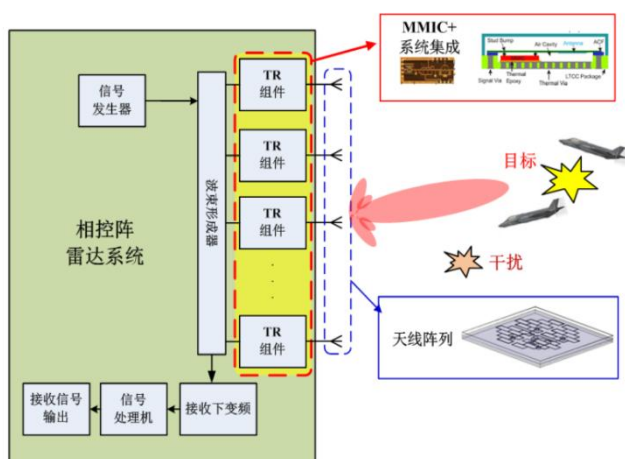
	有源相控阵	无源相控阵
分布与独立性	每个天线阵元（辐射单元）均配备独立的发射/接收（T/R）组件，每个组件能独立产生和接收电磁波，实现分布式信号处理。	仅有一个中央发射机和接收机，通过功分网络将信号分配给所有阵元，信号经移相器调整后统一放大处理，天线单元本身无独立发射能力。
结构与技术实现	采用固态器件（如砷化镓、氮化镓），T/R 组件集成低噪放大器、移相器、功率放大器模块，实现高集成化和小型化。	依赖电真空器件（如行波管）作为集中式发射机，功分网络和移相器导致信号在传输过程中损耗较大。
可靠性	有源相控阵具有冗余设计，单个 T/R 组件故障不影响整体性能。	无源相控阵的中央发射机故障会导致系统瘫痪。
成本与工程难度	T/R 组件占雷达总成本高，且高密度集成对散热、功耗和制造工艺要求极高，导致造价昂贵。	技术难度低，成本较有源低，适合作为过渡方案或低成本场景。
应用趋势	有源相控阵因性能优势逐步取代无源相控阵，尤其在机载、舰载和卫星等高端国防领域。	无源相控阵仍用于对成本敏感的场景或作为技术过渡。



资料来源：《成都雷电微力科技股份有限公司招股说明书》，电子发烧友，中科聚智，东莞证券研究所

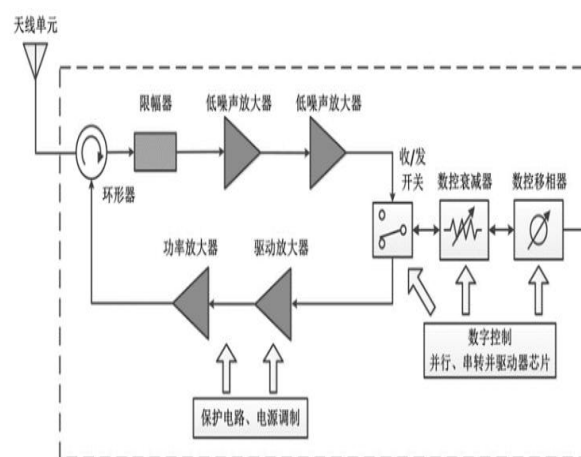
有源相控阵 T/R 组件额外集成相位控制和幅度控制功能，在波束形成器的控制下能够调节信号的相位和幅度，可构成用于相控阵雷达的有源相控阵阵面，其性能直接决定相控阵雷达系统的作用距离、空间分辨率、接收灵敏度等关键参数，根据国博电子数据，T/R 组件成本占整个有源相控阵系统总成本的 70%-80%。

图 9：有源相控阵雷达系统结构示意图



资料来源：《国博电子首次公开发行股票并在科创板上市招股说明书》，东莞证券研究所

图 10：有源相控阵 T/R 组件工作原理示意图



资料来源：《南京国博电子股份有限公司2024年半年度报告》，东莞证券研究所

**全球雷达市场规模迅速增长。**据亿渡数据披露，全球市场规模呈现稳健爬坡态势，未来五年全球市场规模 CAGR 约为 3.5%。其中，在部分国家加大军事支出的背景下，预计军用雷达从 2017 年的 1160.5 亿元增长至 2026 年的 1632.6 亿元，受下游新兴产业如无人机、自动驾驶、医学检测等需求推动，民用雷达从 2017 年的 737.9 亿元增长至 2026 年的 1088.4 亿元。在我国，预计 2021 年至 2026 年间民用雷达与军用雷达复合增长率分别为 3.77% 和 3.07%，民用雷达下游应用领域从气象探测领域向自动驾驶、无人机、机器人等领域不断发展。

图 11：2017-2026 年全球军用/民用雷达市场规模

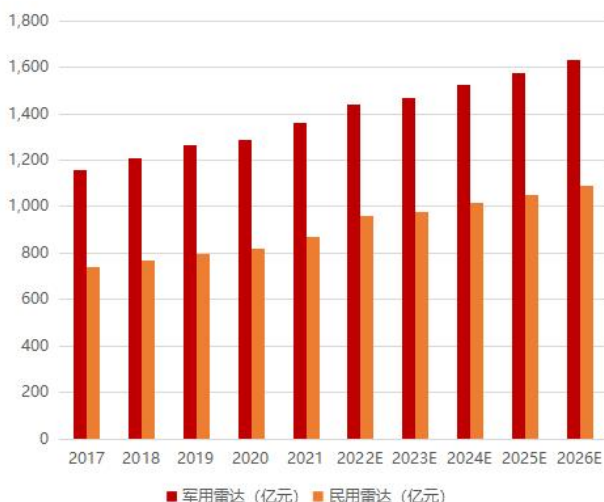
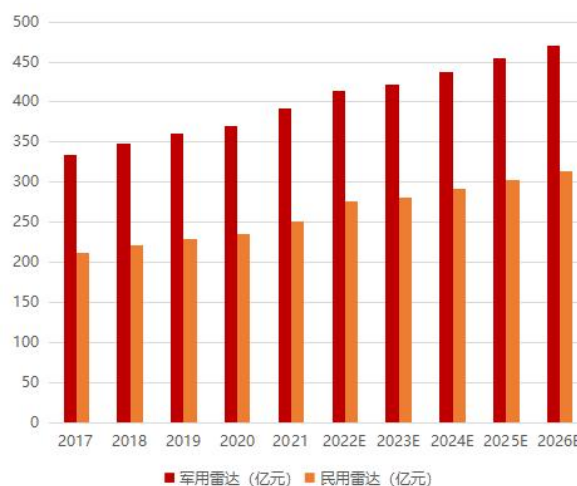


图 12：2017-2026 年我国军用/民用雷达市场规模

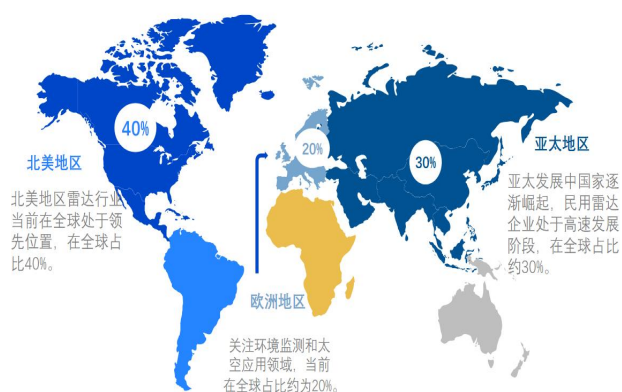


资料来源：grand view，亿渡数据，东莞证券研究所

资料来源：grand view，亿渡数据，东莞证券研究所

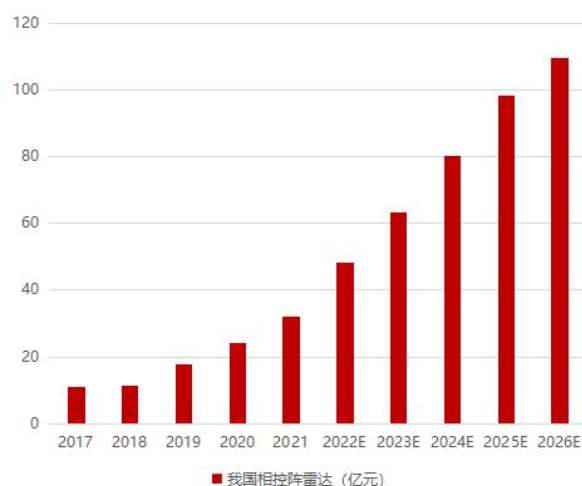
在产业分布方面，北美地区雷达行业在全球具有技术领先地位，汇集行业细分领域的众多头部企业，在全球雷达市场中占比约 40%，欧洲地区市占率为 20%，亚太地区近年发展迅速，占全球市场份额约为 30%。据铖昌科技招股说明书介绍，国内具有相控阵 T/R 芯片研发和量产的单位主要为军工集团下属科研院所以及少数具备三、四级配套能力的民营企业。中国电科 13 所和中国电科 55 所基于其技术积累、资金规模、客户渠道等优势，在国内占据大部分市场份额，民营企业市场份额相对较小。随着我国射频芯片、T/R 组件等配套产品的国产化能力持续提升，我国雷达技术自主程度得到提升，民用雷达领域发展迅速。相控阵雷达有望在军事、航天等军用领域进一步应用以及民用气象领域持续推广，预计 2026 年我国相控阵雷达市场规模将达到 109.7 亿元。

图 13：雷达行业全球市场分别



资料来源：亿渡数据，东莞证券研究所

图 14：2017-2026 年我国相控阵雷达市场规模



资料来源：亿渡数据，东莞证券研究所

## 2.2 受益于卫星通信规模化建设

卫星通信是指利用人造地球卫星作为中继站转发或发射无线电波，实现两个或多个地球站之间或地球站与航天器之间通信的一种通信手段。在通信卫星中，有效载荷种类是区别卫星应用领域的重要特征，转发器分系统和天线分系统是通信卫星的有效载荷。根据艾瑞咨询数据，卫星有效载荷价值占比约为 50%。

T/R 组件是低轨通信卫星载荷中相控阵天线的关键元器件，是卫星载荷中的高价值量环节，其通过相控阵天线技术实现波束的灵活控制和动态调整，从而完成信号的定向发射与高灵敏度接收。每个 T/R 组件可独立控制信号的相位和幅度，使卫星天线能够快速切换覆盖区域、跟踪移动终端或形成多波束，大幅提升通信容量与抗干扰能力。尤其在低轨卫星星座等现代通信系统中，大规模集成的 T/R 组件显著降低了系统功耗和体积，同时支持高频段（如 Ka/Ku 波段）信号处理，成为实现高速率、低延迟卫星通信的关键技术基础。中低轨卫星相控阵天线应用可追溯到铱星和全球星系统，摩托罗拉提出和负责制造的铱星系统由 66 颗低轨卫星组成，星载主任务天线采用 3 个有源相控阵板，以一



定的角度面向地球，提供卫星到地面用户的 L 波段链路，每个有源相控阵由 106 个阵元和 T/R，以及波束形成网络组成，每个 T/R 组件有一个 5 bit 移相器和一个 6 bit 衰减器，整星共计 48 个点波束指向地球。

图 15: Winds 星载相控阵

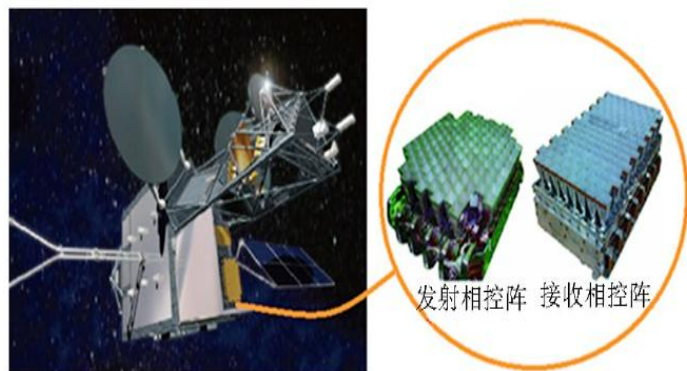
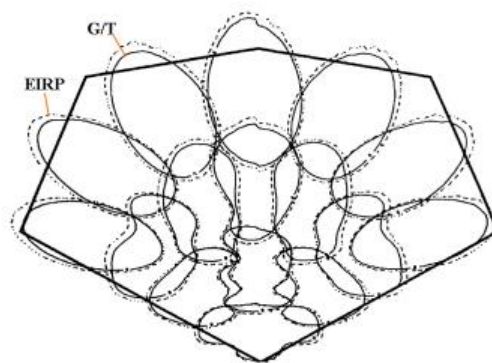


图 16: 铱星 MMA 天线及波束覆盖示意



资料来源：《卫星通信中相控阵天线的应用及展望》，东莞证券研究所资料来源：《卫星通信中相控阵天线的应用及展望》，东莞证券研究所

5G-A 作为通感一体化的核心技术，通过将通信与感知功能融合在一起，为无人机等低空飞行器提供稳定、连续、高速可靠的通信网络，并具备定位、导航、轨迹监测等能力，空天地一体化信息网络由多颗不同轨道上、不同种类、不同性能的卫星形成星座覆盖全球，通过星间、星地链路将地面、海上、空中和深空中的用户、飞行器以及各种通信平台密集联合，以 IP 为信息承载方式，采用智能高速星上处理、交换和路由技术。5G-A 愿景，是对 5G 场景的增强和扩展，在 ITU 所定义的 eMBB、mMTC、URLLC 三大标准场景继续增强，再扩展包括上行超宽带 UCBC、宽带实时交互 RTBC、通信感知融合 HCS 三大新场景，其中建立空天地融合网络是构建 5G-A/6G 网络的重要内容。

图 17: 典型卫星通信系统示意图

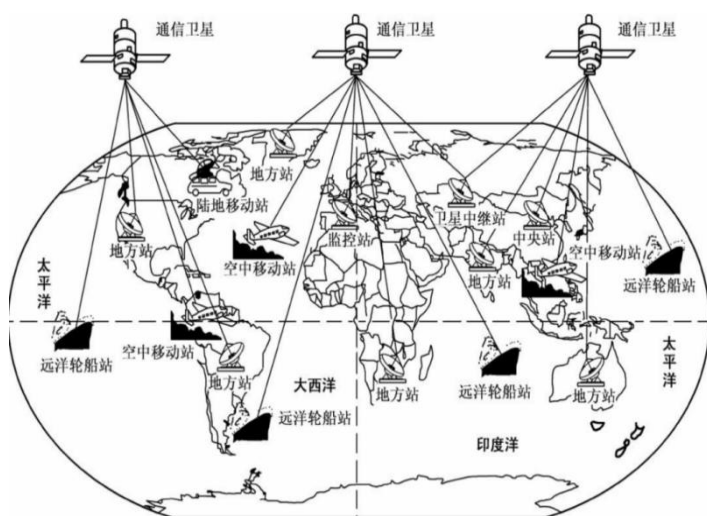
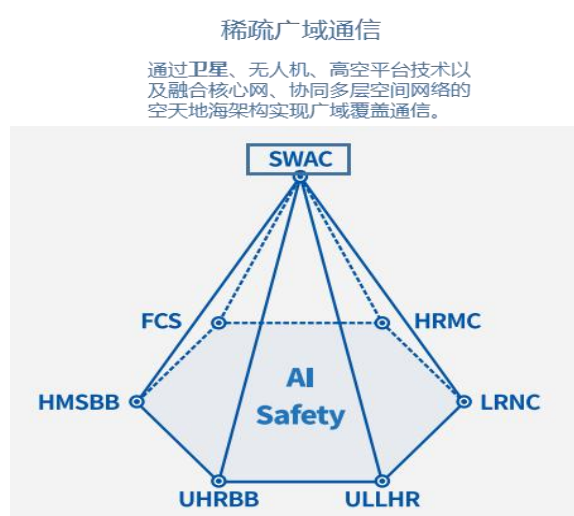


图 18: 卫星通信建设是实现 6G 典型应用场景的前提



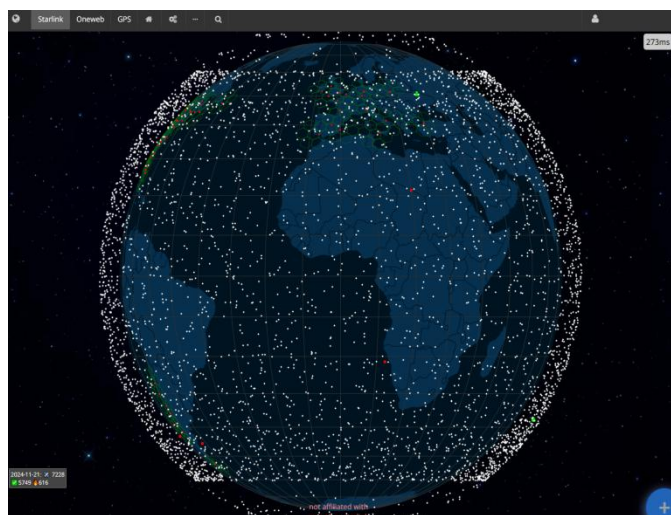
资料来源：云脑智库，东莞证券研究所

资料来源：《中国电信 6G 愿景与技术白皮书》，东莞证券研究所

在发射进度方面，海外领先卫星公司 Starlink 具备领先优势。目前 Starlink 的“星链”计划在 2027 年之前向太空近地轨道发射约 4.2 万颗卫星，其中约 3 万颗正处于申请序列。据 satellitemap 数据显示，截至 2024 年 11 月 21 日，Starlink 共发射 7228 颗卫

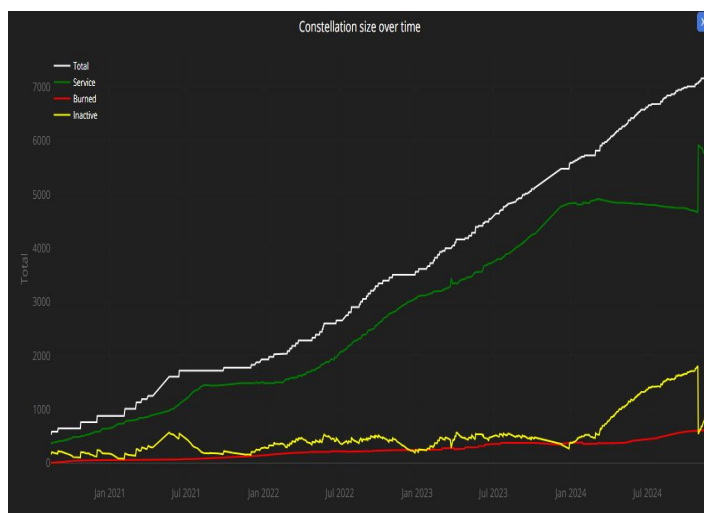
星，其中 5749 颗处于服务状态。英国公司依托通信公司 OneWeb 推出的 OneWeb 星座计划是目前全球第二大规模的卫星星座，目标是计划在 1200 公里高度的近地轨道上部署 6372 颗卫星，在 8500 公里高度的中地球轨道部署 1280 颗卫星。2024 年 10 月，我国长征六号改运载火箭在太原卫星发射中心点火起飞，随后成功将千帆极轨 02 组 18 颗卫星送入预定轨道。千帆星座自 2023 年启动，计划一期完成 1296 颗卫星发射，未来目标是 1.4 万颗低轨卫星组网，以实现全球覆盖和万物互联的愿景。

图 19: Starlink 卫星近地分布情况



资料来源: Satellitemap, 东莞证券研究所

图 20: Starlink 卫星在轨数量明细



资料来源: Satellitemap, 东莞证券研究所

**我国通信用卫星亟待发展。**全球卫星企业聚焦地外星网建设，世界航天快速发展，通信卫星研制发射数量急剧增加。以增量来看，在 2022 年全球共实施 186 次发射任务，发射航天器 2505 个，刷新了人类历史发射次数纪录。其中我国实施 64 次发射，位于全球运载火箭与航天器发射次数排行的前列。在轨卫星数量方面，截至 2022 年底我国在轨航天器有 704 个，占全球的 9.75%，与美国的 65.5% 存在较大差距。从在轨卫星存量以及发射航天器结构来看，我国侧重于大中型遥感卫星以及导航卫星领域，中高轨通信卫星相较于欧洲与美国存在差距，低轨通信卫星亟待增加，我国在通信卫星方面存在较大发展空间。

图 21: 2022 年底主要国家和地区在轨卫星数量

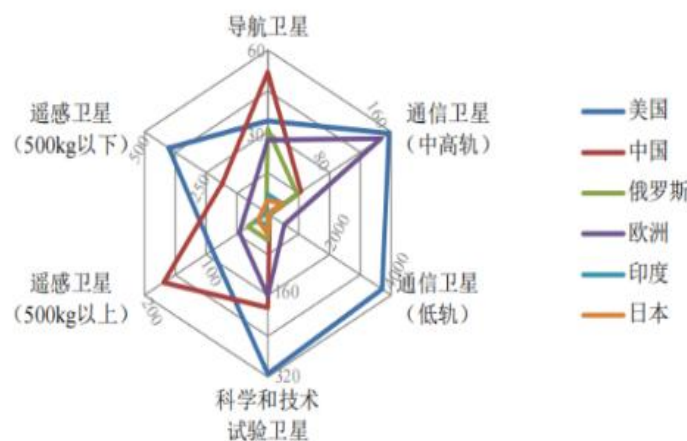


图 22: 频率分配支持卫星通信可持续发展

国家/地区	运载火箭发射情况					航天器研制发射情况							
	LEO	MEO/HEO/GTO	非地球轨道	发射次数(次)	载荷质量(吨)	载人航天器	空间探测器	导航卫星	通信卫星	遥感卫星	科学和技术试验卫星	总数量(个)	总质量(吨)
美国	68	15	4	87	734.45	9	9	-	1904	73	72	2067	716.44
中国	59	5	-	64	197.21	6	-	-	27	105	50	188	197.21
俄罗斯	16	6	-	22	69.68	5	-	3	6	8	29	51	64.68
欧洲	1	4	-	5	28.90	-	-	-	14	29	53	96	50.28
印度	5	-	-	5	8.87	-	-	-	1	4	8	13	7.24
日本	1	-	-	1	0.33	-	3	-	-	4	15	22	1.58
其他	2	-	-	2	1.73	-	1	-	4	21	42	68	3.73
合计	152	30	4	186	1041.16	20	13	3	1956	244	269	2505	1041.16

资料来源：《中国航天科技活动蓝皮书》，东莞证券研究所

资料来源：《中国航天科技活动蓝皮书》，东莞证券研究所

**卫星通信产业市场快速增长。**在全球卫星发射数量增长，“星座”建设加速的背景下，全球卫星通信产业市场规模快速增长。据 SIA 统计，2022 年全球通信卫星产业市场规模达 2811 亿美元，同比增长 54.2%，我国卫星通信产业市场达 894 亿元，预计 2025 年我国卫星通信产业市场总规模有望达到 2327 亿元，2022-2025 年间复合增长率为 37.6%。在军用卫星通信领域，根据 Market and Markets 的报告，全球军用通信市场规模预计将从 2018 年的 315 亿美元增长至 2023 年的 377 亿美元，年均复合增长率为 3.6%，其中，卫星通信领域的增长或为主要贡献之一。Strategy Analytics 预测，到 2026 年，卫星通信系统市场规模（包括卫星有效载荷和卫星终端）将占军用通信市场规模的 37.2%，市场价值将达 137 亿美元。

图 23：全球卫星通信产业市场规模



资料来源：SIA，中投产业研究院，东莞证券研究所

图 24：我国卫星通信产业市场规模



资料来源：SIA，中投产业研究院，东莞证券研究所

### 3、重点公司

#### 国博电子（688375）

国博电子主要从事有源相控阵 T/R 组件和射频集成电路相关产品的研发、生产和销售，产品主要包括有源相控阵 T/R 组件、砷化镓基站射频集成电路等，覆盖军用与民用领域，是目前国内能够批量提供有源相控阵 T/R 组件及系列化射频集成电路相关产品的领先企业。在军用领域，国博电子研制了数百款有源相控阵 T/R 组件，其中定型或技术水平达到固定状态产品数十项，产品广泛应用于弹载、机载等领域。在民用领域，民用领域，公司作为基站射频器件核心供应商，砷化镓基站射频集成电路技术处于国内领先、国际先进水平。

公司背靠中电国基南方集团与中国电科 55 所，中国电科 55 所于 1958 年成立，是我国大型电子器件研究所，形成了从材料、芯片、器件到模块组件的完整产业链，在行业中



占据优势地位。积极发挥创新主体作用，不断深化促进与产业链上下游企业、高校院所的技术创新合作，积极发挥射频集成与微组装技术工程实验室（国家地方联合工程中心）、高密度射频微系统集成工程技术研究中心的平台作用，促进国内射频电子产业链的技术协同发展。国博电子第一大股东为中电国基南方集团有限公司，是以 55 所为核心资源组建，以固态器件、微系统、光电显示与探测器件为主业的企业集团。2019 年 10 月，财政部出具《财政部关于同意中国电子科技集团有限公司 55 研究所相关资产无偿划转的通知》，原则同意中国电科 55 所将微系统业务（T/R 组件业务）相关资产划转至国博电子子公司国微电子。

图 25：2019–2024 年国博电子营业收入

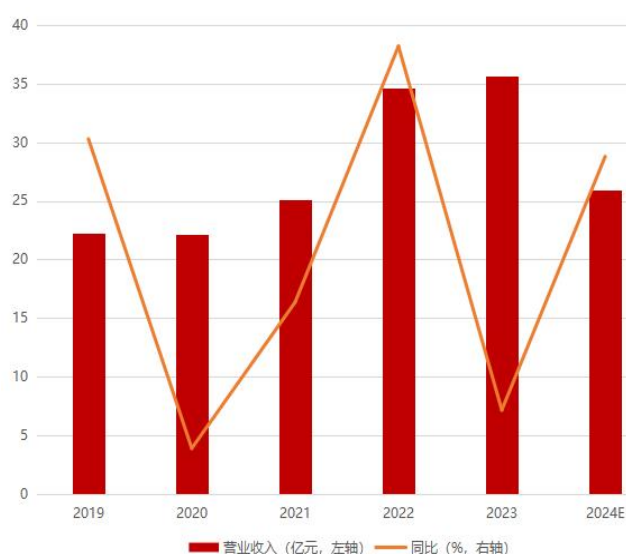
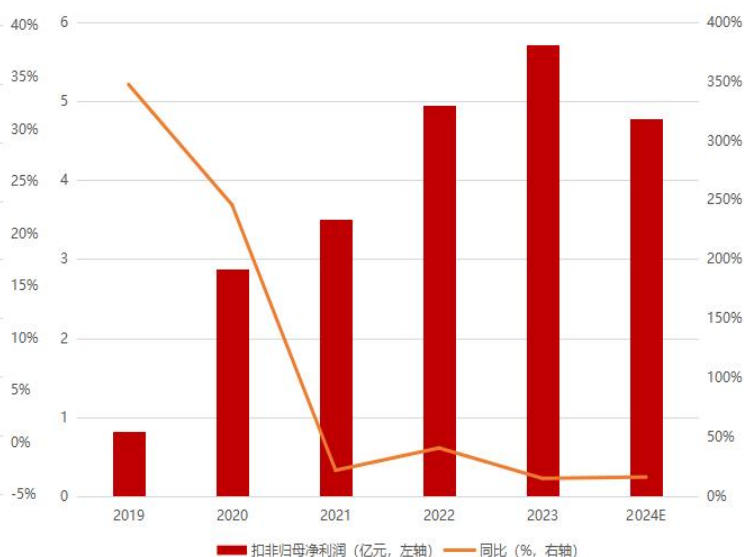


图 26：2019–2024 年国博电子扣非归母净利润



资料来源：ifind，《南京国博电子股份有限公司 2024 年度业绩快报报告》，东莞证券研究所

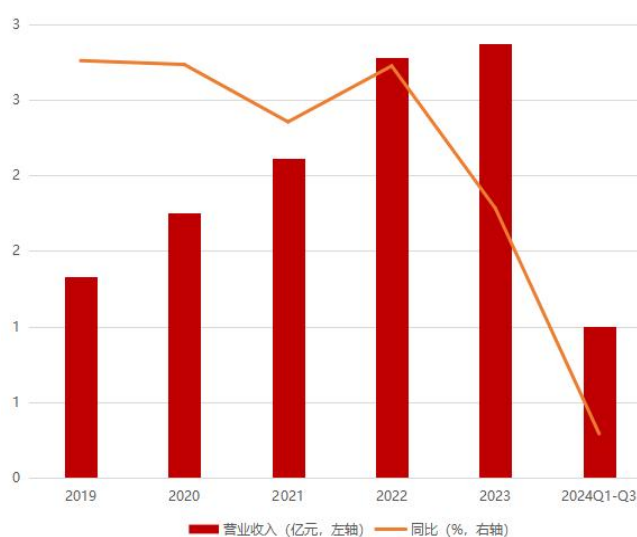
受行业调整及订单节奏的影响，公司业绩短期承压。公司预计 2024 年度实现营业总收入 25.91 亿元，较上年同期下降 27.36%，实现归属于母公司所有者的扣除非经常性损益的净利润 4.77 亿元，较上年同期下降 16.52%，实现利润总额 5.14 亿元，较上年同期下降 21.35%。虽然国博电子业绩受行业供需周期等阶段性因素影响，但是公司在低轨卫星和商业航天领域均开展了技术研发和产品开发工作，多款 T/R 组件产品已交付客户并已开始卫星通信领域多个射频集成电路的技术研发和产品开发工作，多款产品已被客户引入，预计后续经营情况将得到改善。

### 铖昌科技（001270）

公司是国内从事相控阵 T/R 芯片研制的主要企业，是国内少数能够提供相控阵 T/R 芯片完整解决方案的企业之一，是微波毫米波射频集成电路创新链的典型代表。公司主要向市场提供基于 GaN、GaAs 和硅基工艺的系列化产品以及相关的技术解决方案。公司产品主要包含功率放大器芯片、低噪声放大器芯片、模拟波束赋形芯片及相控阵用无源器件等，频率可覆盖 L 波段至 W 波段。产品已应用于探测、遥感、通信、导航、电子对抗等领域，在星载、机载、舰载、车载和地面相控阵雷达中列装，亦可应用至卫星互联网、5G 毫米波通信、安防雷达等场景。

公司在星载领域具有深厚的技术积累和项目配套优势，产品在多系列遥感通信卫星中实现了大规模应用，目前有多个星载系列型号已处于批量交付阶段，其中部分规模量级项目于 2024 年进入小批阶段，2025 年进入批产阶段，将为收入提供有力支撑。在低轨通信卫星领域具备先发优势，自 2022 年起开始批量出货，并持续进行解决方案的迭代研制。公司在成熟产品的基础上为下一代低轨通信卫星及地面配套设备新研了多款新产品，目前已根据客户需求备货，2025 年按计划进行批量交付。公司的地面领域产品主要为各类型地面雷达 T/R 芯片，目前公司在手项目 80 余个，项目涵盖星载、地面、机载、舰载等领域，各项目因应用场景、体量、难易度等不同，分别处于试样、小批、批产等不同阶段。

图 27：2019–2024 年前三季度铖昌科技营业收入



资料来源：ifind，东莞证券研究所

图 28：2019–2024 年前三季度铖昌科技归母净利润



资料来源：ifind，东莞证券研究所

受到下游用户项目招标延期、客户端资金计划、相关项目审批周期延长导致交付验收延迟等因素的影响，公司产品交付验收进度低于预期，预计 2024 年度经营产生亏损。预计 2024 年营业收入处于 1.80 – 2.30 亿元区间内，扣除非经常性损益后的净利润处于亏损 2900 – 5600 万元区间内。公司深耕微波毫米波相控阵 T/R 芯片十余年，产品广泛应用于国家多个重大装备型号中，涉及遥感、通信、导航、探测等多领域，与下游主力客户形成深度的合作配套关系，依托龙头客户产生的市场效应不断向行业内其他企业拓展，并利用公司的技术和服务优势，不断拓展产品在各类装备中的应用，业绩有望改善上行。

## 4、投资策略

在相控阵雷达向民用领域发展以及全球卫星互联网建设加速的催化下，T/R 组件雷达与卫星相控阵天线等下游应用的重要元器件有望快速增长。我国相关企业在 T/R 芯片以及组件自主能力不断提升，有望充分受益于卫星互联网的规模化建设，建议重点关注 T/R 组件产业链的相关企业。

表 5：重点公司盈利预测及投资评级（截至 2025/3/28）

股票代码	股票名称	股价 (元)	EPS (元)			PE (倍)			评级	评级变动
			2023A	2024E	2025E	2023A	2024E	2025E		
688375.SH	国博电子	52.88	1.02	0.84	1.06	51.8	63.0	49.9	买入	首次
001270.SZ	铖昌科技	28.97	0.39	0.33	0.62	74.3	87.8	46.7	买入	首次

资料来源：iFinD，东莞证券研究所

## 5、风险提示

**（1）下游建设不及预期：**低轨卫星星座建设进度与空间轨道资源的使用情况会影响卫星通信整体建设进程的推进，若下游建设进度不及预期或将对 T/R 组件需求产生不利影响。

**（2）军品需求不及预期：**下游如军事用途的应用领域受政策影响较大，若相关政策产生边际变化，或对行业发展造成不利影响。

**（3）地缘政治因素影响：**军品应用领域需求受地缘政治因素影响较大，若全球地缘政治情况发生变化，或将对行业产生影响。



**东莞证券研究报告评级体系：**

公司投资评级	
买入	预计未来 6 个月内，股价表现强于市场指数 15%以上
增持	预计未来 6 个月内，股价表现强于市场指数 5%-15%之间
持有	预计未来 6 个月内，股价表现介于市场指数±5%之间
减持	预计未来 6 个月内，股价表现弱于市场指数 5%以上
无评级	因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，导致无法给出明确的投资评级；股票不在常规研究覆盖范围之内
行业投资评级	
超配	预计未来 6 个月内，行业指数表现强于市场指数 10%以上
标配	预计未来 6 个月内，行业指数表现介于市场指数±10%之间
低配	预计未来 6 个月内，行业指数表现弱于市场指数 10%以上

说明：本评级体系的“市场指数”，A 股参照标的为沪深 300 指数；新三板参照标的为三板成指。

证券研究报告风险等级及适当性匹配关系	
低风险	宏观经济及政策、财经资讯、国债等方面的研究报告
中低风险	债券、货币市场基金、债券基金等方面的研究报告
中风险	主板股票及基金、可转债等方面的研究报告，市场策略研究报告
中高风险	创业板、科创板、北京证券交易所、新三板（含退市整理期）等板块的股票、基金、可转债等方面的研究报告，港股股票、基金研究报告以及非上市公司的研究报告
高风险	期货、期权等衍生品方面的研究报告

投资者与证券研究报告的适当性匹配关系：“保守型”投资者仅适合使用“低风险”级别的研报，“谨慎型”投资者仅适合使用风险级别不高于“中低风险”的研报，“稳健型”投资者仅适合使用风险级别不高于“中风险”的研报，“积极型”投资者仅适合使用风险级别不高于“中高风险”的研报，“激进型”投资者适合使用我司各类风险级别的研报。

**证券分析师承诺：**

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，以勤勉的职业态度，独立、客观地在所知情的范围内出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点，不受本公司相关业务部门、证券发行人、上市公司、基金管理公司、资产管理公司等利益相关者的干涉和影响。本人保证与本报告所指的证券或投资标的无任何利害关系，没有利用发布本报告为自身及其利益相关者谋取不当利益，或者在发布证券研究报告前泄露证券研究报告的内容和观点。

**声明：**

东莞证券股份有限公司为全国性综合类证券公司，具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供东莞证券股份有限公司（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。本报告所载资料及观点均为合规合法来源且被本公司认为可靠，但本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，可随时更改。本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可跌可升。本公司可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告，亦可因使用不同假设和标准、采用不同观点和分析方法而与本公司其他业务部门或单位所给出的意见不同或者相反。在任何情况下，本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并不构成对任何人的投资建议。投资者需自主作出投资决策并自行承担投资风险，据此报告做出的任何投资决策与本公司和作者无关。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，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。本公司及其所属关联机构在法律许可的情况下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，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、经纪、资产管理等服务。本报告版权归东莞证券股份有限公司及相关内容提供方所有，未经本公司事先书面许可，任何人不得以任何形式翻版、复制、刊登。如引用、刊发，需注明本报告的机构来源、作者和发布日期，并提示使用本报告的风险，不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。未经授权刊载或者转发本证券研究报告的，应当承担相应的法律责任。

**东莞证券股份有限公司研究所**

广东省东莞市可园南路 1 号金源中心 24 楼

邮政编码：523000

电话：（0769）22115843

网址：www.dgzq.com.cn