

卫星通信射频芯片实践者，多领域开花正当时

——铖昌科技（001270）首次覆盖报告

报告要点：

● 相控阵雷达核心供应商，多领域拓展孕育新业绩曲线

公司主营微波毫米波模拟相控阵 T/R 芯片的研发、生产、销售和技术服务，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，频率可覆盖 L 波段至 W 波段。公司在星载领域深耕多年，技术水平国际领先，参与的某系列卫星项目已实现大规模应用，在拓展星载产品的同时地面相控阵 T/R 也成为公司重要的收入来源之一，同时机载、舰载等应用领域的產品数量亦有增长，产品结构逐渐丰富。

● 有源相控阵雷达替代大势所趋，T/R 芯片下游需求旺盛

有源相控阵雷达在频宽、信号处理和冗余设计等优势逐渐成为主流发展趋势，在探测、通信、导航、电子对抗等领域获得广泛应用。T/R 芯片是有源相控阵雷达发展的核心，受益于相控雷达市场高速发展和有源相控阵雷达渗透率快速提升，T/R 芯片市场规模快速增长，公司作为 T/R 芯片的民企领军者，有望享受产业爆发的增量红利。

● 民营星载领域 T/R 芯片稀缺资产，卫星互联网迎来市场机遇

公司深耕星载领域多年，已形成较高的技术壁垒和客户壁垒，公司作为某系列遥感 SAR 的核心供应商，由于其定制化及性能要求较高，与客户粘性较强。另一方面，由于低空领域有限，无论是频谱和轨道，国际 ITU 采取“先占先得”的原则，中国、美国、英国、俄罗斯等主要经济体都在低轨卫星领域开展了一系列布局。有源相控阵作为天地互联的核心技术，或将直接受益卫星互联网加速推进，公司作为星载 T/R 芯片核心供应商，在卫星通信领域有天然的技术优势，业绩有望实现爆发增长。

● 投资建议与盈利预测

公司作为上市公司中星载相控阵雷达 T/R 芯片核心民营企业供应商，未来随着卫星互联网市场爆发增长和公司多领域项目的落地，公司未来业绩有望实现高速增长。预计 2023-2025 年公司归母净利润为 1.80 亿元、2.41 亿元、3.12 亿元，EPS 分别为 1.15 元、1.54 元、1.99 元，对应 PE 为 74.41 倍、53.51 倍、41.33 倍，给予“买入”的投资评级。

● 风险提示

技术迭代及创新不及预期风险；客户集中度较高的风险；毛利率波动风险；市场竞争加剧风险

附表：盈利预测

财务数据和估值	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入(百万元)	210.93	277.79	404.49	563.73	761.75
收入同比(%)	20.60	31.69	45.61	39.37	35.13
归母净利润(百万元)	159.98	132.75	180.38	240.72	311.70
归母净利润同比(%)	251.71	-17.02	35.88	33.45	29.48
ROE(%)	22.94	9.73	12.06	14.29	16.21
每股收益(元)	1.02	0.85	1.15	1.54	1.99
市盈率(P/E)	80.52	97.04	71.41	53.51	41.33

资料来源：Wind，国元证券研究所

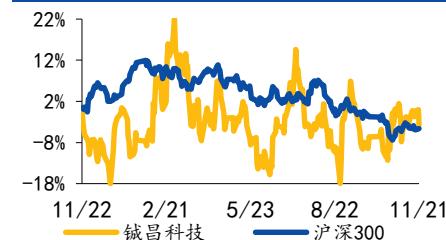
买入|首次推荐

当前价 85.45 元

基本数据

52周最高/最低价(元): 152.0 / 72.78
A股流通股(百万股): 71.26
A股总股本(百万股): 156.54
流通市值(百万元): 6088.77
总市值(百万元): 13376.18

过去一年股价走势



资料来源：Wind

相关研究报告

报告作者

分析师 马捷
执业证书编号 S0020522080002
电话 021-51097188
邮箱 majie@gyzq.com.cn

联系人 王鹏

电话 021-51097188
邮箱 majie@gyzq.com.cn

目 录

1.国内 T/R 芯片自主研发民营领军者	5
1.1 相控阵雷达核心配套商，技术底蕴深厚保障持续发展	5
1.2 深耕 T/R 芯片领域多年，多领域拓展孕育新业绩曲线	6
1.3 经营指标表现良好，扩充产业规模助推业绩高增	8
2.有源相控阵雷达替代趋势明显，T/R 芯片作用凸显	11
2.1 雷达技术多方向融合发展，相控阵雷达已成主流趋势	11
2.2 有源相控阵雷达技术优势明显，规模化应用大势所趋	14
2.3 T/R 组件占据核心地位，芯片性能成为关键	16
2.4 国防预算具备持续增长空间，国防信息化建设加快雷达产业发展	18
3.遥感 SAR 卫星市场规模日益攀升，卫星互联网迎来市场机遇	20
3.1 遥感技术应用领域广泛，国内外市场需求旺盛	20
3.2 遥感 SAR 技术发展突飞猛进，军民领域应用广泛	23
3.3 全球低轨卫星部署进入白热化阶段，卫星互联网应用迎来机遇	25
3.4 5G 毫米波基站建设带动民用 T/R 芯片市场需求	31
4.竞争格局分析	34
4.1 主要竞争对手基本情况介绍	34
4.2 主要竞争对手对比	35
5.盈利预测	36
5.1 假设条件	36
5.2 公司估值	36
6.风险提示	37

图表目录

图 1：铖昌科技股权结构	5
图 2：专业技术人员占比高	5
图 3：硕士及以上学历占技术团队总人数的 40.91%	5
图 4：相控阵功能模块与主要芯片示意图	6
图 5：2019-2021 星载芯片占比较高	7
图 6：近 5 年营业收入增速稳定	8
图 7：2023Q3 净利润短期承压	8
图 8：相控阵 T/R 芯片为主要收入	9
图 9：研发投入持续加大	9
图 10：毛利率和净利率下降趋势明显	9
图 11：近 5 年费用情况	9
图 12：近 5 年流动比率和速动比率逐年增加	10
图 13：资产端情况表现良好	10
图 14：MPAR 发展路线图	11
图 15：无源相控阵结构图	14

图 16: 有源相控阵结构图	14
图 17: 多项功能芯片 T/R 组件方案	16
图 18: Ka 波段 4 通道相控阵收发芯片	16
图 19: TR 组件内部工作原理	17
图 20: 有源相控阵雷达系统结构示意图	17
图 21: 我国军费投入持续加大	18
图 22: 信息化在打击中的多样应用	19
图 23: 战争态势感知平台体系	19
图 24: 遥感卫星系统组成	20
图 25: 全球遥感卫星市场规模 (亿美元)	23
图 26: 2022 年我国航天器卫星发射情况	23
图 27: 二维形式 SAR 成像示意图	23
图 28: 低轨卫星互联网应用	26
图 29: 卫星互联网行业产业链	27
图 30: 空天地一体化网路架构	28
图 31: 低轨卫星互联网应用业务	28
图 32: 乌克兰星链连接情况	29
图 33: “星链”支持下的无人机对地攻击毁伤效果	29
图 34: 2022 年发射各类卫星占比情况	29
图 35: 2022 年各类卫星制造收入占比情况	29
图 36: 卫星互联网进入高速发展阶段	30
图 37: “铱星”相控阵天线布局图	31
图 38: 日本 WINDS 卫星相控阵天线	31
图 39: 基于 5G 毫米波的超密集异构网示意图	32
图 40: 虚拟化小区技术	32
图 41: 日本毫米波频谱规划情况	32
图 42: 2017-2022 年我国基站建设情况 (万个)	33
图 43: 未来 3 年 5G 小基站建设情况	33

表格目录

表 1: 公司产品概况	6
表 2: 铊昌科技在研项目	7
表 3: 公司首次公开发行股票募投项目	10
表 4: 国外雷达技术发展路径	11
表 5: 主力技术体制雷达特点及应用领域	12
表 6: 相控阵雷达和传统机械雷达性能介绍	13
表 7: 相控雷达市场需求	13
表 8: 有源相控阵、无源相控阵和机械扫描对比	14
表 9: 有源相控阵应用领域	15
表 10: 2010-2019 全球雷达市场情况	15
表 11 : T/R 组件各部分作用	16

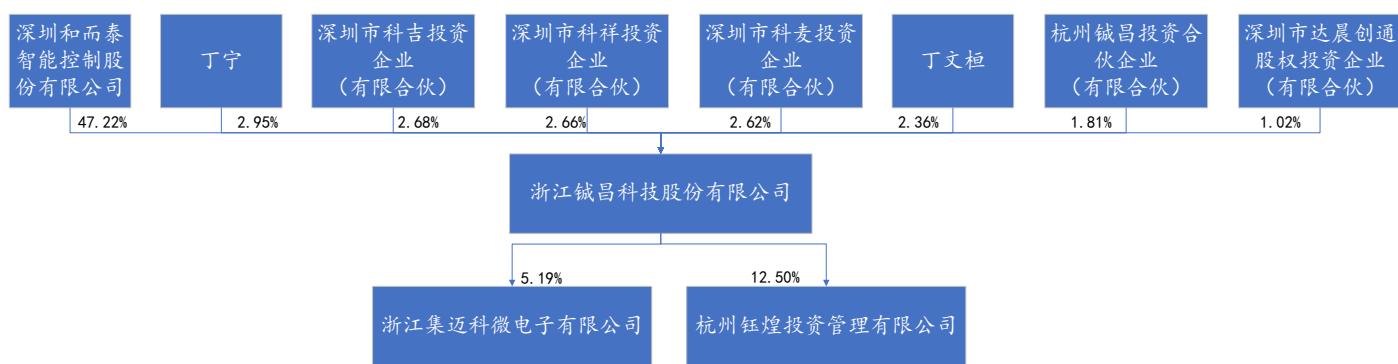
表 12: 四型主要战机装备有源相控阵雷达的模块数.....	18
表 13: 遥感技术特点	20
表 14: 遥感卫星的分类	21
表 15: 国内外代表性遥感卫星	22
表 16: 世界各国的主要星载 SAR 系统	24
表 17: SAR 应用领域.....	24
表 18: 卫星轨道分类	26
表 19: 低轨卫星特性对比.....	26
表 20: 世界主要国家低轨卫星申请情况（截止 2023 年 11 月 16 日）	29
表 21: 无线基站按功能分类	31
表 22: FR1 和 FR2 频谱简介	32
表 23: 5G 小基站主要应用场景	33
表 24: 公司竞争优势	34
表 25: 国内同行可比院所情况	34
表 26: 可比公司估值情况对比（截止 2023 年 11 月 17 日）	35

1. 国内 T/R 芯片自主研发民营领军者

1.1 相控阵雷达核心配套商，技术底蕴深厚保障持续发展

铖昌科技成立于 2010 年 11 月，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。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。公司于 2022 年 6 月 6 日在深交所主板上市。

图 1：铖昌科技股权结构



资料来源：Wind，国元证券研究所（截止到 2023.11.20）

刘建伟为实控人。和而泰为铖昌科技第一大股东，铖昌科技上市摊薄后持股 47.22%，刘建伟为和而泰实际控制人，持股比例为 15.93%。

管理团队经验丰富，技术人员专业底蕴深厚。公司董事长罗珊珊从 2003 年至今在和而泰任职，现任和而泰董事、高级副总裁、财经中心总经理、董事会秘书，多名核心管理骨干都曾在和而泰任职，有丰富的产业经验和管理经验。截止 2023 年 6 月 30 日，公司拥有专业技术人员 88 人，占公司人员总数比例为 45.36%。其中，博士及以上学历 8 人，硕士学历 28 人，硕士及以上学历约占技术团队总人数的 40.91%。团队主要由来自浙江大学、四川大学、西安电子科技大学、东南大学等知名高校毕业生组成。

图 2：专业技术人员占比高

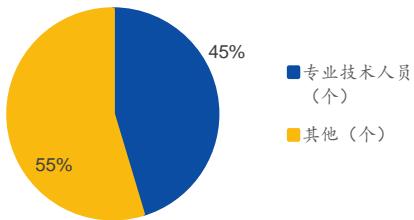
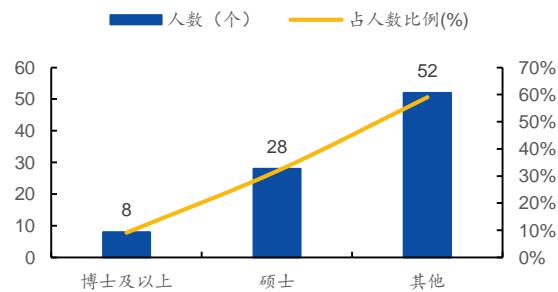


图 3：硕士及以上学历占技术团队总人数的 40.91%



资料来源：公司公告，国元证券研究所

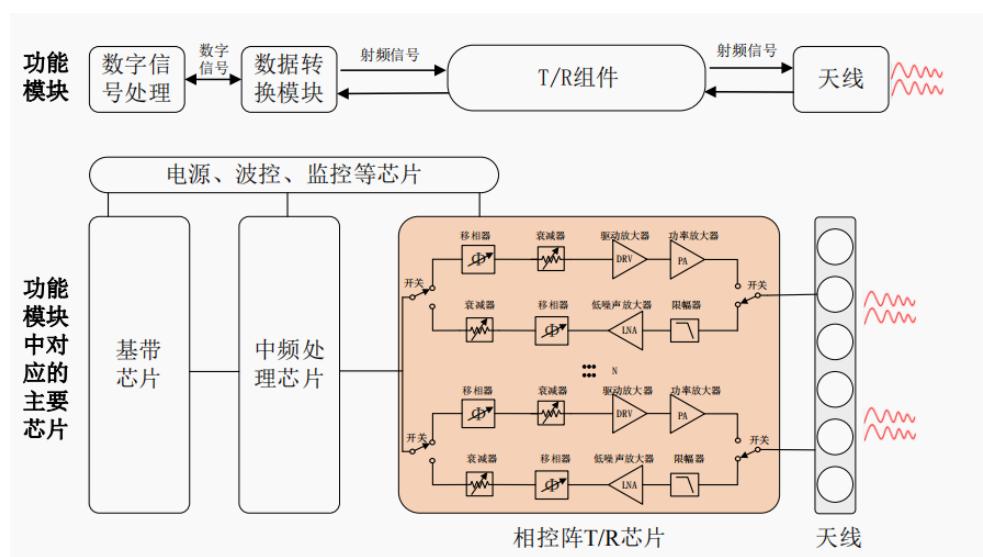
资料来源：公司公告，国元证券研究所

1.2 深耕 T/R 芯片领域多年，多领域拓展孕育新业绩曲线

公司主营微波毫米波模拟相控阵 T/R 芯片的研发、生产、销售和技术服务。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，频率可覆盖 L 波段至 W 波段。

公司主要产品相控阵 T/R 芯片是相控阵雷达最核心的元器件之一。相控阵雷达的无线收发系统主要分为四个功能模块：数字信号处理模块、数据转换模块、T/R 组件和天线。

图 4：相控阵功能模块与主要芯片示意图



资料来源：公司招股说明书，国元证券研究所

按照产品功能分类，公司主要产品可分为放大器类芯片、幅相控制类芯片和无源类芯片三类，具体产品包括功率放大器芯片、驱动放大器芯片、低噪声放大器芯片、收发多功能放大器芯片、幅相多功能芯片、限幅器芯片等。

表 1：公司产品概况

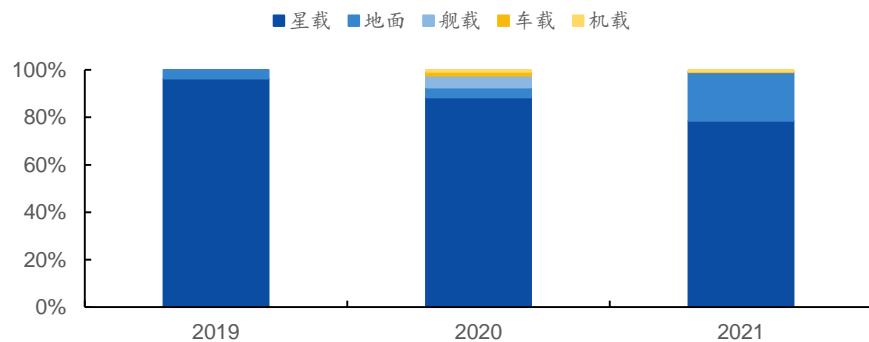
产品种类	产品名称	产品介绍	产品工艺	产品特点
放大器芯片	低噪声放大器芯片	主要用于接收系统前端，在放大信号的同时抑制噪声干扰，提高系统灵敏度	GaAs、GaN 硅基	具有宽禁带、高电子迁移率、高压高功率密度的优势、具备高性能、高集成度和高可靠性等特点
	功率放大器芯片	实现输入激励信号的增益放大并将直流功率转换成微波功率输出		
	收发多功能芯片	收发多功能芯片内部集成了发射驱动/功放、接收驱动/低噪放、收发切换开关等功能电路单元		
幅相控制类芯片	数控移相器芯片	控制信号相位变化的器件	GaAs、硅基	GaAs 工艺芯片产品在功率容量、功率附加效率、噪声系数等指标上具备优势；硅基
	数控衰减器芯片	控制衰减值来调整信号幅度		
	数控延时器芯片	控制信号的延时量		

模拟波束赋形芯 片	将单个或多个射频收发通道单片集成，每个射频通道拥有独立信号放大、开关切换以及幅度和相位控制功能电路	工艺芯片产品则在集成度、低功耗和量产成本方面具备显著优势
开关芯片	将多路射频信号中的任一路或几路通过控制逻辑连通，以实现不同信号路径的切换	
无源类芯片 功分器芯片	是一种将一路输入信号的能量分成两路或多路输出能量相等或不相等的器件，也可反过来将多路信号的能量合成一路输出，此时可也称为合路器。	无源类芯片产品具备尺寸小、插损低等
限幅器芯片	在接收机前端保护低噪放器件，	

资料来源：公司招股说明书，国元证券研究所

星载芯片领域深耕多年，多领域拓展孕育新业绩曲线。公司自成立以来一直致力于推进相控阵 T/R 芯片的自主可控，并打破高端射频芯片长期以来大规模应用面临的成本高企困局。2019-2021 年，星载芯片领域占比分别为 96.40%/88.36%/78.57%。2022 年地面领域拓展取得成效，星载领域收入占比有小幅下降。经过多年研发，公司产品已应用于星载、机载、舰载、车载及地面相控阵雷达等多种型号装备中，特别是公司推出的星载相控阵 T/R 芯片系列产品在某系列卫星中实现了大规模应用，该芯片的应用提升了卫星雷达系统的整体性能，达到了国际先进水平。

图 5：2019-2021 星载芯片占比情况



资料来源：公司招股说明书，国元证券研究所

多领域在研项目推进，或将打造 T/R 芯片平台型公司。公司技术积累深厚，设立研究院，在星载芯片技术基础上，开展多领域技术研究，分别在地载、车载、舰载、机载等方面多领域拓展，提升产品矩阵，增强公司竞争力，打造 T/R 芯片平台型公司。

表 2：铖昌科技在研项目

序号	项目类别	项目内容、拟达到的目标	进展情况
1	D711	随着星载领域产品进一步小型化、轻量化应用需求，对相控阵 T/R 芯片提出了更高的要求。本项目针对星载领域产品需求，研究高集成度相控阵 T/R 芯片架构，研制高性能的多功能芯片，高效率、高功率的功放芯片，低功耗的低噪放芯片关键技术研发	已完成高性能的多功能芯片，高效率、高功率的功放芯片，低功耗的低噪放芯片关键技术研

噪放芯片等高集成度相控阵 T/R 芯片，实现具有高性能、高集成度、高可靠性、满足抗辐照要求的星载 T/R 芯片解决方案，完成星载领域产品的技术储备和专用开发。

究，目前分别为处于研发、初样、部分量产阶段。

2 D751

传统分立式套片解决方案芯片种类繁多，导致雷达装配复杂，体积较大、且价格昂贵。本项目针对地面应用领域大型陆基/车载雷达应用需求，开展高集成度多功能芯片、收发多功能芯片、功放芯片、限幅低噪放芯片等相控阵 T/R 芯片研制，降低组件尺寸及装配复杂度，实现具有低成本、高集成度的地面/车载相控阵 T/R 芯片解决方案，完成地面应用领域产品的技术储备和专用开发。

已完成以低成本高集成度为主要性能指标的收发多功能芯片关键技术研究，目前分别为处于研发、初样、部分量产阶段。

3 D761

本项目针对舰载/机载领域需求，研究典型相控阵 T/R 芯片架构，开展高集成度多功能芯片、收发多功能芯片、功放芯片、限幅低噪放芯片等相控阵 T/R 芯片研制，实现具有小型化、高性能、低成本、高兼容性的舰载/机载相控阵 T/R 芯片解决方案，完成舰载/机载应用领域产品的技术储备和专用开发。

研究的高集成度、低成本收发多功能芯片，具备抗干扰、低截获、高分辨率等多方面优势，目前处于研发、正样、部分量产阶段。

资料来源：公司公告，国元证券研究所

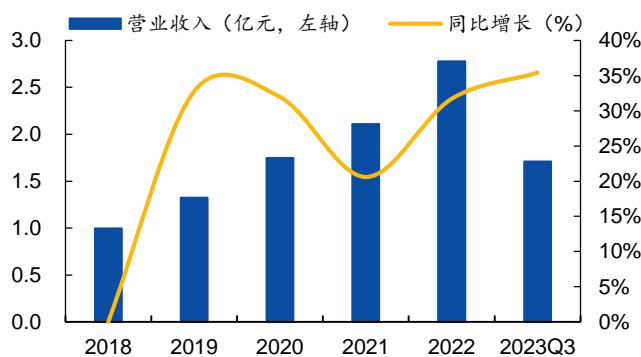
近几年，公司参与的多个项目陆续进入量产阶段，在拓展星载产品的同时地面相控阵 T/R 也成为公司重要的收入来源之一，同时机载、舰载等应用领域的产品数量亦有增长，产品结构逐渐丰富。

1.3 经营指标表现良好，扩充产业规模助推业绩高增

公司营收增速稳定，净利润短期承压。近年公司通过较强的产品技术、丰富的产品种类已进入星载、地面、机载等相控阵雷达应用领域及低轨卫星通信领域。近 5 年，营收保持稳步增长，CAGR 为 22.71%，2022 年公司营业收入 2.78 亿元，同比增长 31.69%；净利润 1.33 亿，同比下降 17.02%，主要原因是 2021 年非经常性损益金额合计为 5452.35 万元（当期收到增值税退税 3318.54 万元），2022 年度非经常性损益为 2061.18 万元，剔除所得税费用影响，公司归母净利润扣除非经常性损益的净利润相比上年同期增长 20.02%。截止到 2023Q3，公司营业收入同比增长 35.40%，扣非归母净利润同比增长 4.78%，保持业绩稳步增长。

图 6：近 5 年营业收入增速稳定

图 7：2023Q3 净利润短期承压



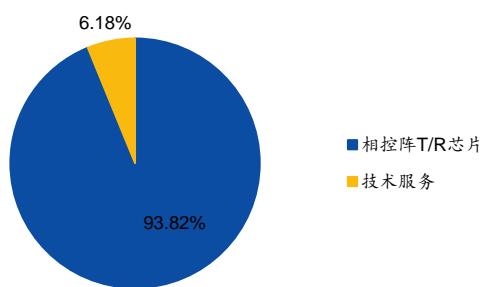
资料来源：Wind，国元证券研究所



资料来源：Wind，国元证券研究所

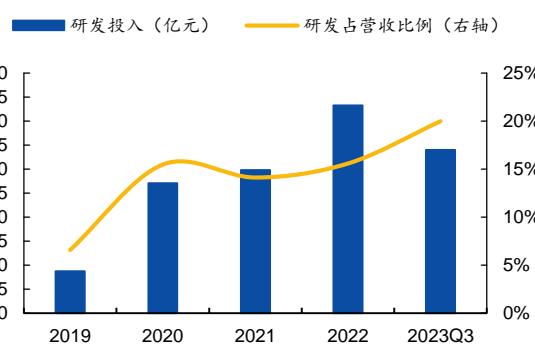
分产品来看，公司不断优化产业结构，发挥自身技术优势。2022年相控阵T/R芯片收入为2.61亿元，占营收的93.82%，贡献公司主要收入来源。公司持续加大研发投入，在相控阵T/R芯片领域不断丰富产品矩阵，对现有核心技术进行延伸、拓展或升级，丰富产品种类、拓宽产业链。2022年研发投入4328.26万元，同比增加45.29%。截至目前，公司已拥几百款产品，这些产品成为公司保持与客户长期稳定合作的重要基础。

图8：相控阵T/R芯片为主要收入



资料来源：Wind，国元证券研究所

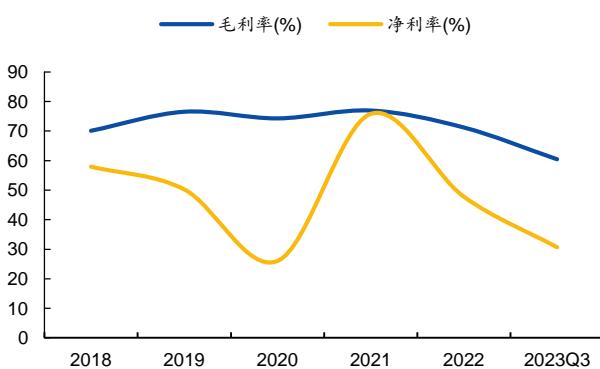
图9：研发投入持续加大



资料来源：Wind，国元证券研究所

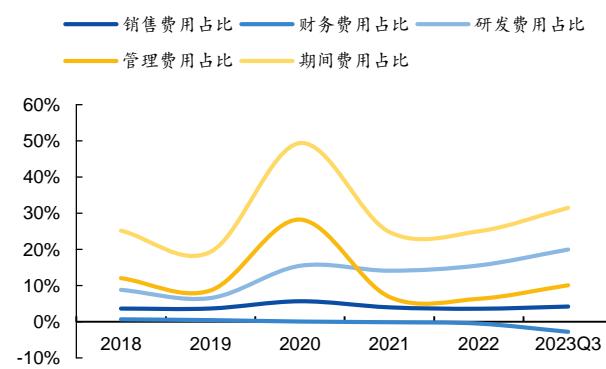
毛利率和净利率保持较高水平，盈利能力有望持续提升。2022年公司毛利率和净利率分别为71.25%和47.79%，2023Q3毛利率和净利率分别为60.5%和30.66%，下滑的主要原因是地面相控阵T/R芯片营收占比的提升，产品结构发生变动。2022年期间费用营收占比为25.02%，基本与去年保持一致，公司凭借早期星载相控阵领域的技术积累和市场开拓，目前已进入地面、机载、舰载、卫星通信等应用领域，未来随着参与项目的陆续量产和新业务增长点的拓展，公司盈利能力有望进一步提升。

图10：毛利率和净利率下降趋势明显



资料来源：Wind，国元证券研究所

图11：近5年费用情况

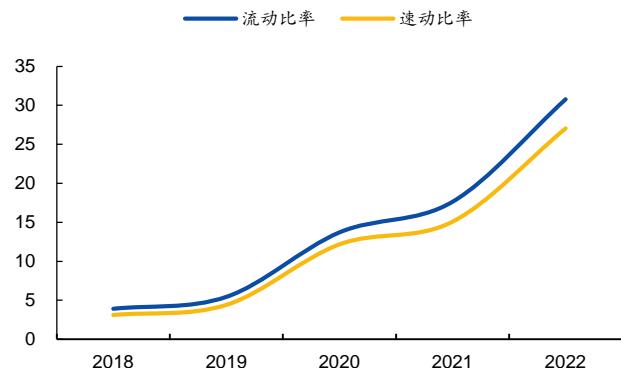


资料来源：Wind，国元证券研究所

公司资产端表现良好，偿债抗压能力较强。公司作为芯片设计研发公司，重资产占比较小，2018-2022年，资产负债率逐年下降，固定资产和流动资产占比合理，流动速率逐年增加，充分证明公司财务成本较低，风险较小，偿债能力较强，资产较为稳健。2023Q3虽然流动资产有所下降，资产负债率有所提高，但仍处于合理水平，产生变

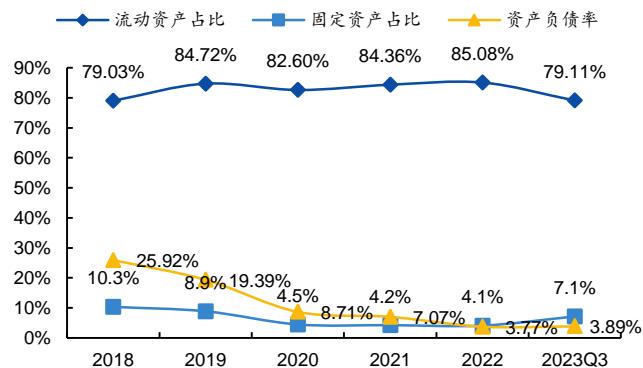
化的原因主要有两方面：一是由于公司业务开拓，进行战略性储备；二是公司产品交付四季度占比较高，届时公司资产结构将进一步优化，风险水平将进一步降低。

图 12：近 5 年流动比率和速动比率逐年增加



资料来源：Wind，国元证券研究所

图 13：资产端情况表现良好



资料来源：Wind，国元证券研究所

募集资金深耕主业，产能扩充实现规模经济。根据公司招股说明书，2022 年公司首次公开募集资金 5.09 亿元。4.0 亿用于新一代相控阵 T/R 芯片研发及产业化项目建设，拟进行相控阵 T/R 芯片延展应用的研发及生产，扩大业务规模和产品类型，进一步占领新增市场。1.09 亿用于卫星互联网相控阵 T/R 芯片研发及产业化项目建设，加强公司卫星互联网相控阵 T/R 芯片的研发生产能力，把握卫星互联网产业链掘金新机遇，打破行业成本高企困局，为公司的产品迭代、升级提供保障，规模化也带来可观的成本效应，为公司在行业竞争中增添优势。

表 3：公司首次公开发行股票募投项目

项目	项目总资金 (万元)	累计投入金 额(万元)	项目简介	建设进度	预定可使用 状态日期
新一代相控阵 T/R 芯片研发及产业化项目	39,974.26	16,325.76	公司拟通过本次募集资金投资项目进行相控阵 T/R 芯片延展应用的研发及生产。通过募投项目的实施，公司将扩大生产规模，新增新一代 T/R 相控阵芯片研发及产业化项目产能约 100 万颗，达产后预计年新增销售收入 30,000 万元。同时，公司产品结构将进一步优化，整体竞争实力将得到较大的提升，促进公司的持续快速发展	40.84%	2024 年 9 月 30 日
互联网相控阵 T/R 芯片研发及产业化项目	10,936.33	4,427.05	本项目的建设帮助公司充分发挥在星载相控阵 T/R 芯片的技术优势，拓展应用至卫星互联网领域，丰富公司产品的应用场景，助力公司更高层次的发展。达产后预计年新增销售收入 8400 万元	40.48%	2024 年 9 月 30 日

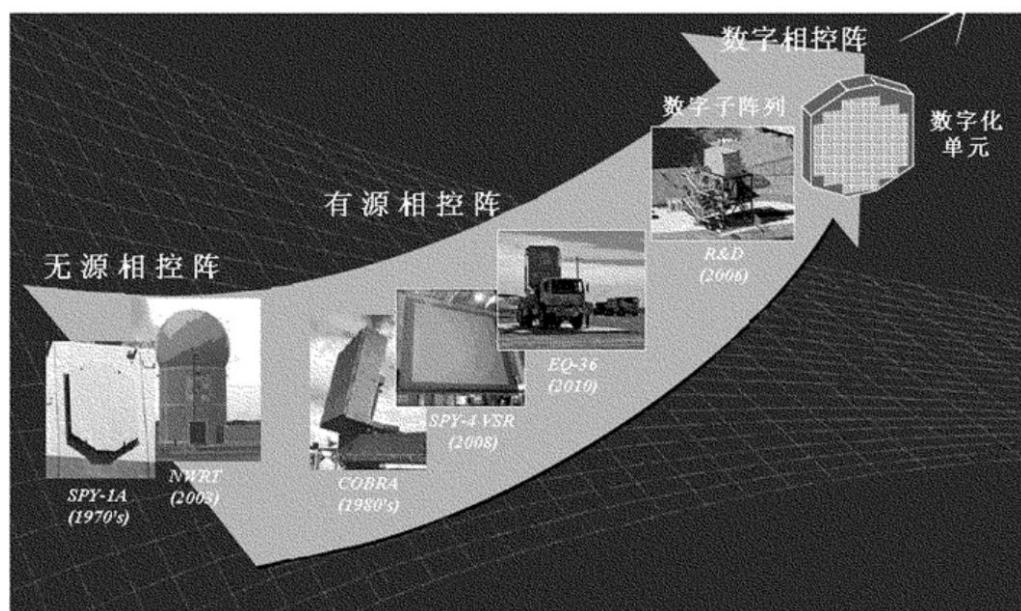
资料来源：公司公告，国元证券研究所（截止到 2023 年 8 月 28 日）

2. 有源相控阵雷达替代趋势明显，T/R 芯片作用凸显

2.1 雷达技术多方向融合发展，相控阵雷达已成主流趋势

雷达被称为信息化战争之眼，不仅是国防领域重要的电子技术装备，也促进了气象预报、资源探测、环境监测等多个民生经济领域的发展。雷达利用电磁波发现并探测目标物体的空间位置，具有探测距离远、测定速度快、全天候服务等特点，广泛应用于探测、遥感、通信、导航、电子对抗等领域。

图 14：MPAR 发展路线图



资料来源：《多功能相控阵雷达发展现状及趋势》罗敏，国元证券研究所

雷达技术向着体系化、一体化、协同化、智能化、精细化发展。以美国、俄罗斯为代表的军事强国在雷达领域持续突破，技术发展路径越来越清晰，桑迪亚国家实验室启动“多任务射频架构”项目，开发采用数字技术的软件定义多功能一体化系统；美国开展雷达与射电望远镜对 GEO 卫星双/多基地分布式协同探测试验；DARPA 启动“超线性处理”项目变革雷达信号处理方式；洛马公司验证认知雷达规避对手发现的新途径。综合研判美俄等国作战概念发展，雷达技术正向着电磁空间一体化、分布式协同化、自主式无人化、智能化等方向发展。

表 4：国外雷达技术发展路径

未来发展方向	国外技术发展进度
电磁空间一体化	<p>需求方面，瑞典爱立信公司研究将感知功能引入通信系统的相关需求；技术方面，美国陆军实验室提出雷达通信分布式联合系统分布式波束形成方案，将平均功率提升 12%；美国田纳西大学通过帕累托效应证明雷达通信系统存在较少冲突，提出一体化系统雷达通信系统性能评估模型；装备方面，美国海军研究局 Horus 系统开展系统集成，成为全球首个使用大规模市场部件的大型极化全数字相控阵雷达，能够实现雷达、通信等功能；美国陆军制造出“宽带可选传输雷达”样机，并将样机集成到地面战车，准备 2023 年进行试验。</p>

分布式协同化	<p>技术方面，美国开展雷达与射电望远镜对 GEO 卫星双/多基地分布式协同探测试验；应用方面，美国完成 IBCS 防空反导协同试验，利用联合战术地面站传递的天基传感器数据，在地基传感器探测到目标前，对该目标进行跟踪拦截等。</p>
自主式无人化	<p>规划方面，美国海军《2022 年作战司令部导航计划（NAVPLAN）》提出 2045 年计划部署无人艇 150 艘，约占舰艇总量的 1/3，用于执行预警探测、火力打击、反潜等任务；技术方面，法国 ONERA 开发无人机载轻型 SAR，搭载大疆 M600 无人机平台进行性能验证；装备方面，通用原子公司为 MQ-9A“死神”无人机配备 Seaspray7500EV2 多模雷达，增强对海探测能力等。</p>
智能化	<p>基础研究方面，DARPA 发布“确定的神经符号学习与推理”（ANSR）项目，创建稳健、可信的人工智能系统，解决数据驱动模式的机器学习算法缺乏透明性、可解释性与弹性不足、以及在真实环境中存在不确定性等缺陷；雷达应用方面，美国俄亥俄州立大学开发基于神经网络的认知全自适应雷达架构，证明可将平均优化时间降低一个数量级；洛马公司和康奈尔大学提出基于显示偏好的次最优波形选择和波束调度方法，规避雷达工作方式被对手侦测识别和干扰。</p>

资料来源：《2022 年雷达技术发展综述》韩长喜，国元证券研究所

现代战争要求雷达技术具备抗侦查、抗干扰、抗隐身的能力，为了满足这些新要求，雷达技术在探测器的构型、观测视角覆盖和信号空间维度三个技术方向形成三种主流技术体制：相控阵、合成孔径和脉冲多普勒，脉冲多普勒技术和合成孔径技术侧重于雷达信号形式及处理，而相控阵技术核心主要是雷达前端，因为相控阵技术可以和脉冲多普勒、合成孔径技术组合使用，所以目前合成孔径相控阵雷达，多普勒相控阵雷达已经在军事上获得了成熟的大量应用。

表 5：主力技术体制雷达特点及应用领域

雷达类型	特点	应用领域
脉冲多普勒雷达 (PD)	能够在频域实现运动目标与杂波的分离，而且具有单根谱线滤波的能力，提供精确的目标速度信息	预警探测和防空反导领域
合成孔径雷达 (SAR)	是一种主动式的对地观测系统，能够穿透水汽云层甚至地表浅层，实现全天时、全天候工作；作为“察打一体”的核心传感器，被广泛用于介入对手区域，侦察对手的战略设施以及重要目标部署	民用领域：微波遥感、灾害评估、地形测绘等 军事领域：常用于情报侦察、战场探测等
相控阵雷达 (PAR)	通过相位控制电子对阵列雷达进行扫描，利用大量的个别控制的小型的天线进行单元排列，最终形成天线阵面，并且每一个天线单元都由各自独立的开关进行控制，形成不同的相位波束，可以同时针对多个目标，机动性强，抗干扰能力强	军用领域：反导预警、舰队防空、机载预警、火控制导、侦查监视、靶场测控等 民用领域：5G 基站、星载信号传输等

资料来源：《合成宽带脉冲多普勒雷达》毛二可，《合成孔径雷达电子干扰技术综述》汪俊澎，《相控阵雷达功能特点及其应用分析》余兴时，国元证券研究所

相控阵雷达已成为主流发展方向。21 世纪初，我国雷达产业以机械式雷达为主，机械雷达集中一个位置发射信号波，通过机械转台旋转，让信号波发射到不同的方向，探测不同目标，但其机械转动效率低，探测区域和探测目标有限，不再适应日趋复杂的电磁场发展方向。相控阵雷达则是把雷达天线分成大大小小不同的阵列单元，每个单元的都可以独立发射信号波，需要探测目标时合成到一块发射出去。相控阵雷达通过馈电控制电磁波束电子扫描，实现多波束快速扫描探测，在多个方面能力上均优于机械雷达，已成为目前雷达行业发展的主要方向。

表 6：相控阵雷达和传统机械雷达性能介绍

雷达类别	技术结构	性能特点
传统机械雷达	雷达天线通过机械方式进行旋转	扫描慢、目标容量有限
	天线波束的快速扫描能力： 天线波速位置的转换可在微秒时间内完成，天线波束扫描可以看成是无惯性的 天线波束形状的快速变化能力： 按天线方向图综合理论，在计算机控制下通过改变相控阵天线中每个天线单元上信号的幅度和相位分布，可高速改变天线波束的形状	快速响应时间、高数据采样率、多批目标跟踪能力 灵活性和自适应能力
相控阵雷达	空间定向与空域滤波的能力： 提取相邻天线单元或天线阵接受信号之间的相位差，即可实现目标的空间定向 空间功率合成能力： 在每一个天线单元上设置一个功率放大器或锁相振荡器，只要维持它们的输出信号相位的相关性及要求的幅度分布，它们就可在空间实现功率合成 多波束形成能力： 利用同一个相控阵天线口径可获得多个天线波束，实现全空域覆盖	抗干扰能力 获得额外特大功率，解决问题具有更大灵活性 功能多样性、机动性强

资料来源：《相控阵雷达的技术特点及关键技术》张光义，国元证券研究所

下游相控雷达市场高速增长，多领域应用需求旺盛。按装载平台不同，军用雷达分为路基雷达、机载雷达、舰载雷达及星载雷达。根据 Strategic Defense Intelligence 发布的《全球军用雷达市场 2015-2025》预测，2025 年机载雷达与陆基雷达将合计占据超过 50% 的市场份额，机载雷达有望成为占据市场比重最大产品。

表 7：相控雷达市场需求

应用领域	市场需求
机载领域	军用飞机需求数量提升、老旧机型更新换代是带动军用机载雷达市场发展的重要因素。根据英国航空航天杂志 Flight International 发布的《World Air Force 2022》，截至 2021 年底，我国拥有在役军机数量排名世界前列，但先进战机数量偏少，仍存在较大提升空间
舰载领域	我国海岸线较长，周边局势复杂，对制海权的需求日渐增长。随科技发展，现代海战已进入电子化、信息化阶段，高性能雷达能够对作战局势起到极为重要的助力作用，因此其需求量也随海军的现代化建设逐步增长。根据产业信息网披露，以护卫舰为例，电子系统约占其成本 30%，为舰船的重要组成部分
车载领域	我国车载雷达种类型号众多、技术先进，多种型号已成功对外出口。未来，三坐标体制、相控阵技术、频率捷变技术、低截获概率技术等将被广泛应用，雷达系统将趋向防空与反导相结合的模式发展，机动性将成为下一代关注重点
星载领域	根据 Strategic Defence Intelligence 发布的《全球军用卫星市场 2015-2025》预测，全球军用卫星市场规模将从 2015 年的 57 亿美元上升至 2025 年的 97 亿美元，上涨幅度约 70%。2015 年-2025 年，全

球军用卫星市场规模将达到 943 亿美元，其中，亚太地区市场份额占比约 19%。作为构建卫星组网和星间链路核心器件，相控阵雷达将受益于军事卫星系统市场规模扩张，拥有广阔的空间。

资料来源：公司招股说明书，国元证券研究所

2.2 有源相控阵雷达技术优势明显，规模化应用大势所趋

相控阵雷达分为有源相控阵雷达和无源相控阵两类。有源和无源相控阵雷达的天线阵相同，二者的主要区别在于发射 / 接收元素的多少。

图 15：无源相控阵结构图

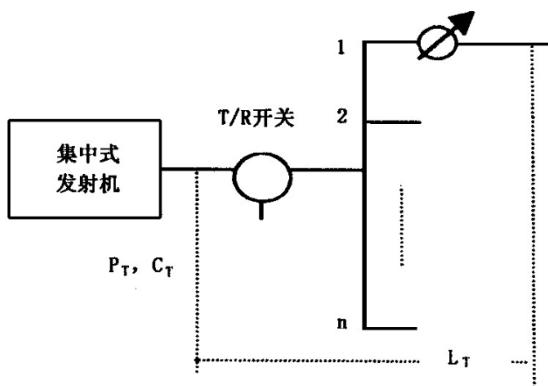
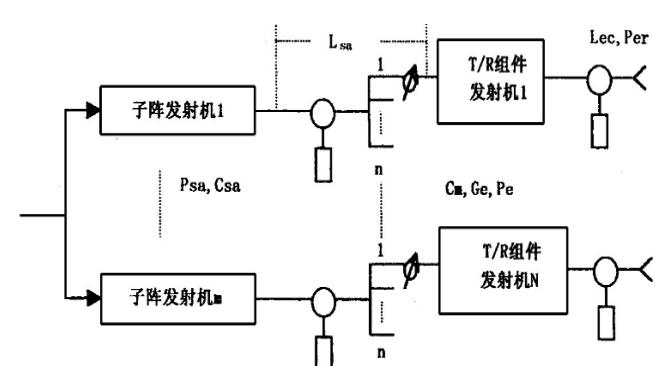


图 16：有源相控阵结构图



资料来源：《有源相控阵雷达与无源相控阵雷达的功率比较》张光义，国元证券研究所

资料来源：《有源相控阵雷达与无源相控阵雷达的功率比较》张光义，国元证券研究所

无源相控阵雷达仅有一个中央发射机和一个接收机，发射机产生的高频能量经计算机自动分配给天线阵的各个辐射器，目标反射信号经接收机统一放大。

有源相控阵雷达的每个辐射器都配装有一个发射 / 接收组件，每一个组件都能自己产生、接收电磁波，因此在频宽、信号处理和冗度设计上都比无源相控阵雷达具有较大的优势。

有源相控阵雷达较无源性能优势显著，是未来雷达发展的主要方向之一。有源相控

表 8：有源相控阵、无源相控阵和机械扫描对比

雷达类别	多目标探测能力	抗干扰能力	对抗能力	复合多任务能力	同频兼容工作能力	低截获概率(LPI)	工作带宽	任务可靠性
有源相控阵	强	强 (6 个目标)	X 波段接收与干扰	有	强 (兼容设计)	有	宽带 (2-4GHz)	高 (500h)
无源相控阵	强	强 (4 个目标)	无	无	一般 (闭锁设计)	有	窄带 (300MHz)	一般 (200h)
机械扫描	一般 (搜索区域受限)	一般 (2 个目标)	无	无	有 (闭锁设计)	无	窄带 (300MHz)	一般 (200h)

资料来源：《机载有源相控阵雷达的作战优势、性能对比及军事应用》李红卫，国元证券研究所

阵雷达在频宽、信号处理和冗余设计上都比传统无源及机械扫描雷达具有较大的优势，逐渐成为主流发展趋势，在探测、通信、导航、电子对抗等领域获得广泛应用。

表 9：有源相控阵应用领域

应用领域	具体应用
探测领域	探测用相控阵雷达具有快速发现并跟踪目标，快速测定目标坐标速度，能全天候使用等特点，是空间、地面及海上目标探测感知的核心装备，因此在星载探测、地面预警、舰载预警、机载侦查及火控、安防等领域获得广泛应用。探测用有源相控阵雷达的天线辐射单元所需的 T/R 芯片套数规模根据不同的应用需求从数百到数万不等，如机载、舰载探测雷达一般为数百到数千套，地面、星载探测雷达一般为数百至数万套
机载领域	机载有源相控阵雷达具有集成度高、输出功率大、功耗低、可靠性高、波束扫描快、抗干扰能力强的特点，正逐步取代无源相控阵雷达、机械扫描雷达，成为军用机载雷达领域新一代主流产品及先进战机机载雷达的首选，被大规模生产以应用于新型战机。我国新型战机均装配有三代有源相控阵雷达
舰载领域	作为舰船防御作战系统的重要组成部分及关键监测装备，舰载雷达负有远程警戒、对海探测等职责。 多功能有源相控阵雷达是舰载雷达的主要发展方向 。目前，我国新型驱逐舰均装配有源相控阵雷达。根据产业信息网预计，至 2025 年，有源相控阵雷达将占据 65% 的市场份额
车载领域	车载雷达主要应用于地面监测、防空警戒等领域。在地面监测方面，陆基雷达可高效定位隧道及未爆炸药，但易被地球曲率、遮盖物、地面杂波等其他因素所影响；在防空警戒方面，我国已研制出涵盖近、中、远程多种工作频段的空中警戒、监视雷达，与机载、星载雷达相结合，能够形成高、中、低空全方位作战体系
星载领域	星载雷达主要用于地面成像、高程测量、洋流观测及对运动目标的实时监测等。其覆盖面积远超相同规模地面雷达，能够有效减少地面设备的放置数量、降低地形及植被覆盖的影响、扩大监视范围等。 基于星载平台的星载有源相控阵雷达已成为军事侦察和战略预警的重要手段
通信领域	通信用相控阵雷达具有灵活的数据波束指向，实时多波束，通信数据吞吐量高等特点，是空间、地面及海上通信体系中的核心装备，广泛的应用在星间、星地通信，机载、舰载等数据链系统中，极大提高了通信效率。通信用有源相控阵雷达的天线辐射单元所需的 T/R 芯片套数规模根据不同的应用需求从数十到数千套不等

资料来源：公司招股说明书，国元证券研究所

有源相控阵雷达替代机械雷达已成大势所趋。有源相控阵雷达凭借其独特的优势，已广泛应用于飞机、舰船、卫星等装备上，成为目前雷达技术发展的主流趋势。美国已全面将现役 F-15C、F-15E、F-18E 战斗机雷达升级为有源相控阵雷达，并已在下一代驱逐舰上装备有源相控阵雷达。根据 Forecast International 分析，2010 年-2019 年全球有源相控阵雷达生产总数占雷达生产总数的 14.16%，总销售额占比 25.68%，整体来看，有源相控阵雷达的市场规模仍较小，替代市场空间巨大。

表 10：2010-2019 全球雷达市场情况

雷达体制	生产台数（台）	市场份额	销售额（亿美元）	市场份额
机扫阵列雷达	11788	76.22%	89.99	17.63%
无源相控阵雷达	1487	9.62%	89.18	17.49%
有源相控阵雷达	2190	14.16%	130.94	25.68%
基本型	-	-	199.88	39.20%
总计	15465	100.00%	509.99	100.00%

资料来源：Forecast International，国元证券研究所

2.3 T/R 组件占据核心地位，芯片性能成为关键

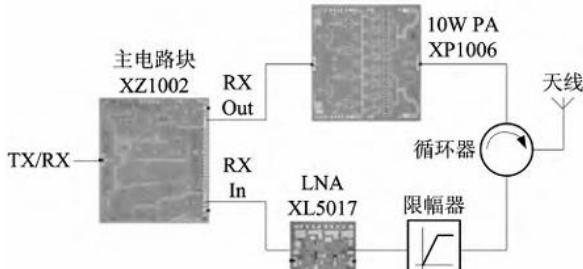
T/R 组件作为有源相控阵雷达的射频前端，是集数字电路和模拟电路于一体的复杂电子系统。T/R 组件包含微波开关、功率放大器、低噪声放大器、移相器、衰减器和电源及控制等复杂的电路系统，覆盖了微波集成电路、高速数字电路等技术领域。

表 11：T/R 组件各部分作用

组件	作用
数字移相器/数 字衰减器	根据雷达上位机的波控指令，控制电路控制移相器和衰减器的移相衰减位数，实现波束扫描和波束赋形。T/R 组件工作在接收状态时，衰减器用来控制接收信号的动态范围。
射频开关	根据雷达上位机的波控指令，射频开关切换至接收或发射工作状态。
功率放大器	T/R 组件工作在发射状态时，功率放大器放大来自信号源的射频功率，放大后的高功率信号由天线辐射出去。发射支路通常包括前级驱动放大器和后级功率放大器。
限幅器	T/R 组件工作在发射状态时，限幅器能够防止发射支路的大功率信号经由射频开关泄露至接收支路，损坏低噪声放大器。T/R 组件工作在接收状态时，限幅器的作用是防止接收信号过大损坏低噪声放大器。所以，限幅器既可以在发射状态保护 T/R 组件，也可以在接收状态保护 T/R 组件。
低噪声放大器	低噪声放大器位于接收链路前级，作用是对天线接收到的信号进行初步放大。由噪声系数公式很容易得到，低噪声放大器的噪声系数越小，整个接收支路的噪声系数就越小，同时低噪声放大器的增益要适当大一些。
电源电路	将外供电源转换成 T/R 组件所需要的电源，稳定并具有供电保护功能。
控制电路	根据上位机指令，控制开关切换至收/发状态，配置移相衰减位数，对工作状态进行脉冲调制等。

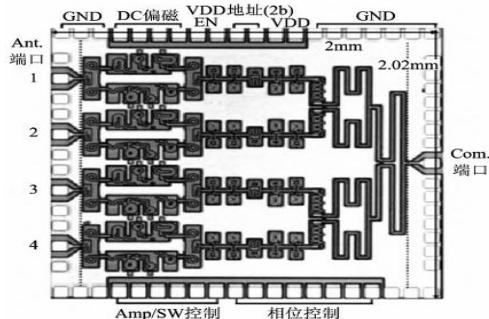
资料来源：《X 波段天线微系统关键技术研究》张诚梓，国元证券研究所

图 17：多项功能芯片 T/R 组件方案



资料来源：《有源相控阵雷达 T/R 组件技术研究》丁武伟，国元证券研究所

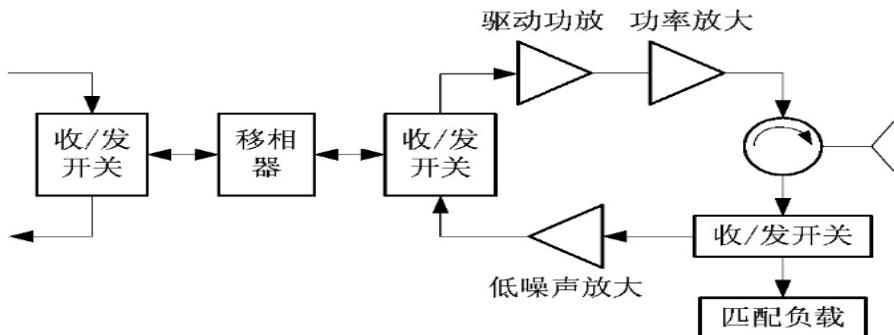
图 18：Ka 波段 4 通道相控阵收发芯片



资料来源：《有源相控阵雷达 T/R 组件技术研究》丁武伟，国元证券研究所

T/R 芯片指标直接影响雷达天线的指标，对雷达整机的性能起到至关重要的作用。
T/R 芯片被集成在 T/R 组件中，通过 T/R 组件对发射信号的功率放大和接收信号的低噪声放大以及幅度和相位的调整，从而完成发射和接收波束的空间合成，在雷达、导弹制导、电子战和卫星通信等军事应用领域并已发挥了巨大的作用。

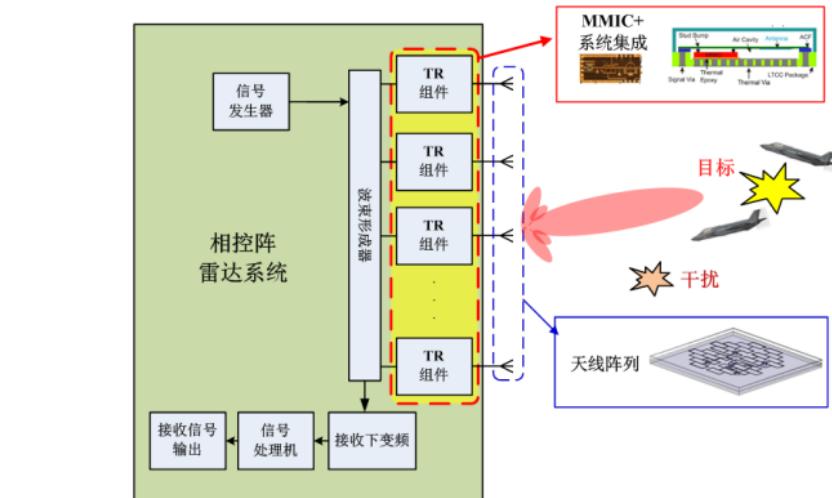
图 19: TR 组件内部工作原理



资料来源:《有源相控阵雷达 T/R 组件技术研究》丁武伟, 国元证券研究所

相控阵 T/R 模块是有源相控阵雷达发展的核心。整个有源相控阵雷达系统由成百上千个辐射器按照一定的排布构成, 每个辐射器后端均连接一个单独有源相控阵 T/R 组件, 在波束形成器的控制下, 对信号幅度和相位进行加权控制, 最终实现波束在空间的扫描。

图 20: 有源相控阵雷达系统结构示意图



资料来源: 国博电子招股书, 国元证券研究所

此外, 相控阵雷达的探测能力与阵列单元数量密切相关, 一部相控阵雷达少则由数百个, 多则由数万个阵列单元组成, 例如美国萨德反导系统的 AN/TPY-2 雷达系统装有 3 万多个天线单元。每一个天线阵列单元对应一个 T/R 组件, 一个 T/R 组件通常包含 2-8 颗相控阵 T/R 芯片, 这些芯片通过 MCM 技术与一些分立器件一起集成到基板上, 最终封装形成 T/R 组件。相控阵雷达成本的主要部分为相控阵天线, 作为相控阵天线的核心部件, 因此高性能、低成本、小型轻量化和高集成化的 T/R 组件是发展有源相控阵雷达的关键。

表 12：四型主要战机装备有源相控阵雷达的模块数

战机型号	F-22	F-18E/F	F-18E/F	F-35
雷达型号	AN/APG-77	AN/APG-79	AN/APG-80	AN/APG-81
模块数 (T/R)	2000 个	1100 个	约 1000 个	1200 个

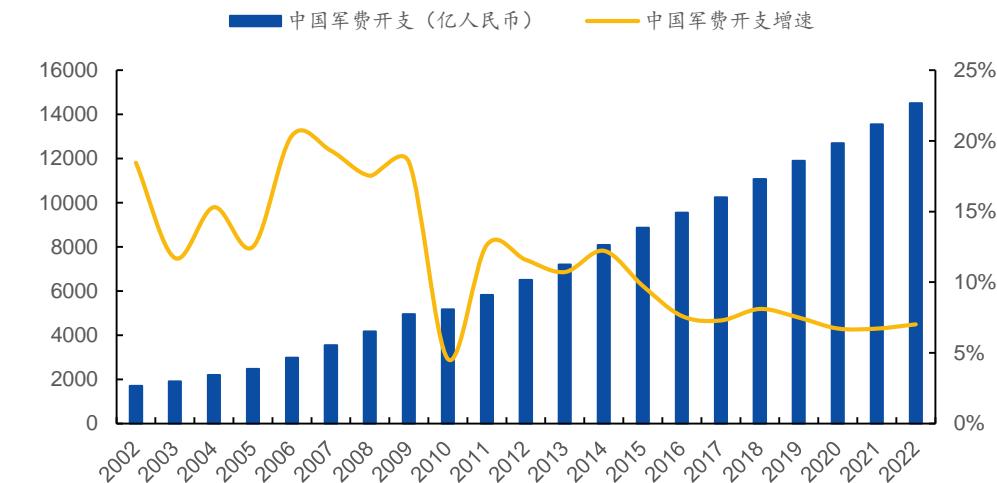
资料来源：《机载有源相控阵雷达的作战优势、性能对比及军事应用》李红卫，国元证券研究所

军事需求的牵引和基础技术的进步不断推动相控阵雷达功能、性能、形态向更高层次演化，加强有源相控阵雷达及其相关技术的研发力度，不断创新装备使用的战术战法，才能在提升装备作战综合效能上起到看得见的“倍增器”作用，T/R 组件作为有源相控阵雷达中最重要的组成部分，实现新一代高性能、高可靠、小型化和低成本 T/R 组件技术的突破，才能极大推动相控阵雷达系统的快速发展。

2.4 国防预算具备持续增长空间，国防信息化建设加快雷达产业发展

随着国民经济的快速发展，我国国防预算支出也进入快速发展阶段。2022 年全国财政安排国防支出预算 14760.81 亿元（其中，中央本级安排 14504.50 亿元），比上年预算执行数增长 7.1%。尽管我国国防预算支出的绝对数值大，但与美国相比，其国防军费是我国的三倍，中国仍处于较低水平。2022 年我国军费占 GDP 比重仅为 1.2%，美国军费占 GDP 比重为 3.45%，俄罗斯 4.06%，印度 2.43%，英国 2.23%，韩国 2.7%，我国军费支出比例远低于重要国家平均水平。因此，随着全球政治局势不断动荡，我国军费具备持续增长空间，未来将持续加大投入，加快国防现代化进程。

图 21：我国军费投入持续加大

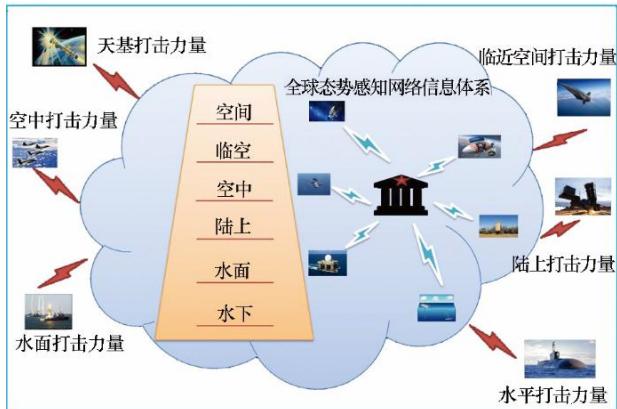


资料来源：Wind，国元证券研究所

国防信息化建设加速推进，雷达有望充分受益。我国的信息安全产业起步晚，底子薄，在许多重大关键技术方面仍较为薄弱，甚至缺失。我国国防总体信息化程度与西方国家各类武器系统的信息技术含量比较相距甚远，信息化水平提升空间巨大。根据商务部投资促进事务局发布的报告，预计到 2025 年，国防信息化开支可能会达到 2513 亿元，占国防装备支出的 40%，其中核心领域有望保持 20%以上的复合增长。国防

信息化的产业链主要包括雷达、卫星导航、信息安全、军工通信与军工电子五大领域，
雷达作为国防信息化的重要领域之一，有望充分受益。

图 22：信息化在打击中的多样应用



资料来源：《面向下一代战争的雷达系统与技术》王建明，国元证券研究所

图 23：战争态势感知平台体系



资料来源：《面向下一代战争的雷达系统与技术》王建明，国元证券研究所

有源相控阵雷达渗透率提升带动 T/R 芯片市场规模快速增长。根据产业信息网预测，2019 年我国军用市场规模达 304 亿元，预计 2025 年市场规模可达 565 亿元。根据 Forecast International 统计，全球有源相控阵雷达 2010 年至 2019 年的总销售额占雷达销售额的比例约为 25.68%。根据公司招股书披露，相控阵 T/R 组件占整个雷达造价的 60%。

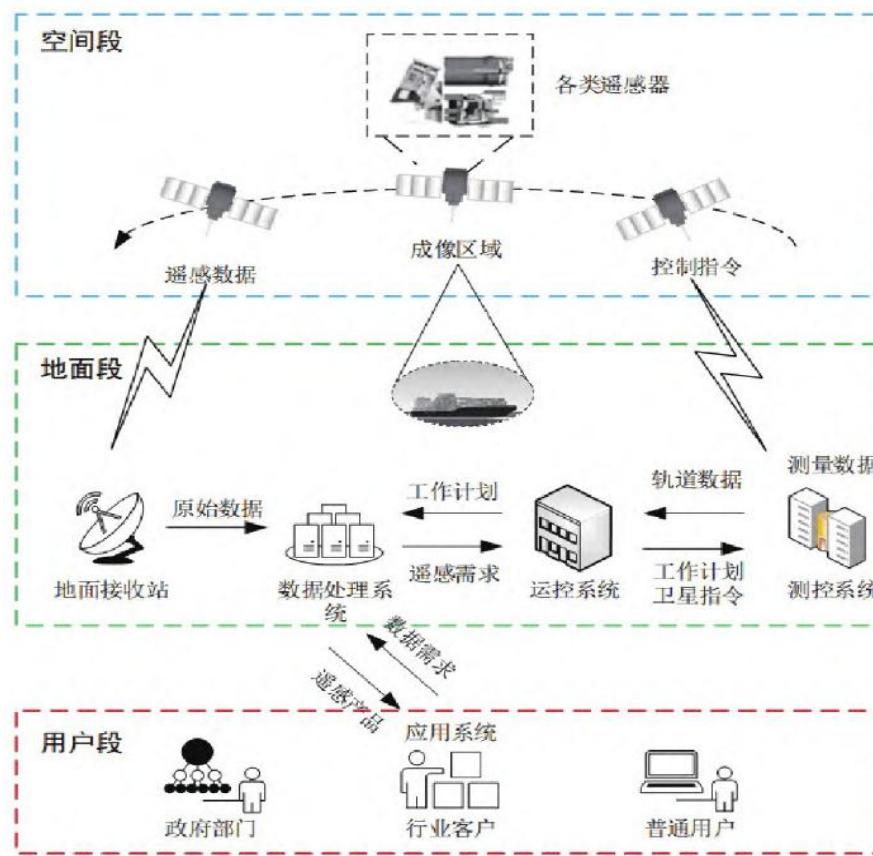
假设 2019 年我国有源相控阵雷达销售额比例与全球 2010-2019 年总销售额占雷达销售额比例一致，则 2019 年我国有源相控阵雷达市场份额为 25.68%，考虑到有源相控阵的频宽、信号处理和冗余设计的巨大优势，我们假设 2020-2025 年每年市场份额提升 6%，则 2025 年相控阵雷达市场份额为 61.68%，规模为 348.5 亿，则 2025 年我国 T/R 组件市场规模约为 209.1 亿。

3. 遥感 SAR 卫星市场规模日益攀升，卫星互联网迎来市场机遇

3.1 遥感技术应用领域广泛，国内外市场需求旺盛

遥感技术是运用现代光学、电子学探测仪器，不与目标物相接触，从远距离把目标物的电磁波特性记录下来，通过分析、解译揭示出目标物本身的特征、性质及其变化规律。由于遥感在地表资源环境监测、农作物估产、灾害监测、全球变化等等许多方面具有显而易见的优势，它正处于飞速发展中。

图 24：遥感卫星系统组成



资料来源：《国产卫星遥感及技术在海事监管中的应用》简俊，国元证券研究所

遥感作为一门对地观测综合性技术，它的出现和发展既是人们认识和探索自然界的客观需要，更有其它技术手段与之无法比拟的特点。

表 13：遥感技术特点

特点	具体含义
探测范围广、采集数据快	遥感探测能在较短的时间内，从空中乃至宇宙空间对大范围地区进行对地观测，并从中获取有价值的遥感数据。这些数据拓展了人们的视觉空间，为宏观地掌握地面事物的现状情况创造了极为有利的条件，同时也为宏观地研究自然现象和规律提供了宝贵的第一手资料。这种

能动态反映地面事物的变化	先进的技术手段与传统的手工作业相比是不可替代的，尤其在高效、客观、准确方面，是具有得天独厚的优势。
获取的数据具有综合性	遥感探测能周期性、重复地对同一地区进行对地观测，这有助于人们通过所获取的遥感数据，发现并动态地跟踪地球上许多事物的变化。同时，研究自然界的变化规律。尤其是在监视天气状况、自然灾害、环境污染、甚至军事目标等方面，遥感的运用就显得格外重要。 遥感探测所获取的是同一时段、覆盖大范围地区的遥感数据，这些数据综合地展现了地球上许多自然与人文现象，宏观地反映了地球上各种事物的形态与分布，真实地体现了地质、地貌、土壤、植被、水文、人工构筑物等地物的特征，全面地揭示了地理事物之间的关联性。 并且这些数据在时间上具有相同的现势性。

资料来源：中国科学院官网，国元证券研究所

遥感卫星按遥感平台的高度分类大体上可分为航天遥感、航空遥感和地面遥感；按所利用的电磁波的光谱段分类可分为可见反射红外遥感，热红外遥感、微波遥感三种类型；按研究对象分类可分为资源遥感与环境遥感两大类；按应用空间尺度分类可分为全球遥感、区域遥感和城市遥感。

表 14：遥感卫星的分类

分类标准	具体分类	具体含义
遥感平台的高度	航天遥感	又称太空遥感，泛指利用各种太空飞行器为平台的遥感技术系统，以地球人造卫星为主体，包括载人飞船、航天飞机和太空站，有时也把各种行星探测器包括在内。卫星遥感为航天遥感的组成部分，以人造地球卫星作为遥感平台，主要利用卫星对地球和低层大气进行光学和电子观测。
	航空遥感	泛指从飞机、飞艇、气球等空中平台对地观测的遥感技术系统。
电磁波的光谱段	地面遥感	主要指以高塔、车、船为平台的遥感技术系统，地物波谱仪或传感器安装在这些地面平台上，可进行各种地物波谱测量。
	可见反射红外遥感	主要指利用可见光(0.4-0.7微米)和近红外(0.7-2.5微米)波段的遥感技术统称，前者是人眼可见的波段，后者即是反射红外波段，人眼虽不能直接看见，但其信息能被特殊遥感器所接受。它们的共同的特点是，其辐射源是太阳，在这两个波段上只反映地物对太阳辐射的反射，根据地物反射率的差异，就可以获得有关目标物的信息，它们都可以用摄影方式和扫描方式成像
研究对象	热红外遥感	指通过红外敏感元件，探测物体的热辐射能量，显示目标的辐射温度或热场图象的遥感技术的统称。遥感中指8-14微米波段范围。地物在常温(约300K)下热辐射的绝大部分能量位于此波段，在此波段地物的热辐射能量，大于太阳的反射能量。热红外遥感具有昼夜工作的能力。
	微波遥感	指利用波长1-1000毫米电磁波遥感的统称。通过接收地面物体发射的微波辐射能量，或接收遥感仪器本身发出的电磁波束的回波信号，对物体进行探测、识别和分析。微波遥感的特点是对云层、地表植被、松散沙层和干燥冰雪具有一定的穿透能力，又能夜以继日地全天候工作。
应用空间尺度	资源遥感	以地球资源作为调查研究的对象的遥感方法和实践，调查自然资源状况和监测再生资源的动态变化，是遥感技术应用的主要领域之一。利用遥感信息勘测地球资源，成本低，速度快，有利于克服自然界恶劣环境的限制，减少勘测投资的盲目性。
	环境遥感	利用各种遥感技术，对自然与社会环境的动态变化进行监测或作出评价与预报的统称。由于人口的增长与资源的开发、利用，自然与社会环境随时都在发生变化，利用遥感多时相、周期短的特点，可以迅速为环境监测。评价和预报提供可靠依据。
应用空间尺度	全球遥感	全面系统地研究全球性资源与环境问题的遥感的统称。
	区域遥感	以区域资源开发和环境保护为目的的遥感信息工程，它通常按行政区划(国家、省区等)和自然区划(如流域)或经济区进行。
	城市遥感	遥感在城市中的应用。

资料来源：中国科学院官网，国元证券研究所

我国卫星遥感目前处于国际先进水平。我国卫星遥感领域起步于20世纪80年代，经过40年的发展，我国的空间探测技术实现了弯道超车，在20余年的发展之后，我国已经成功构建了包括资源系列、环境系列、高分系列在内的多个对地观测系统，

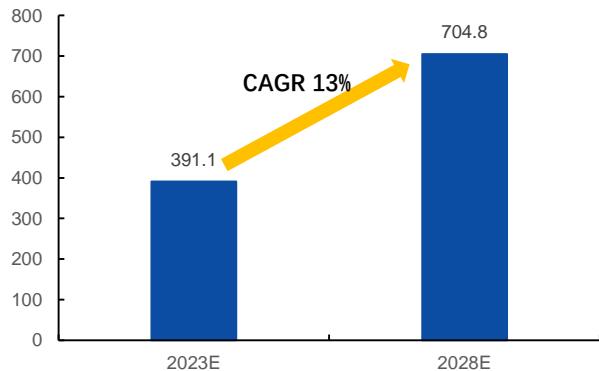
广泛应用于灾害检测、气象环境监测、国土资源规划等领域。

表 15：国内外代表性遥感卫星

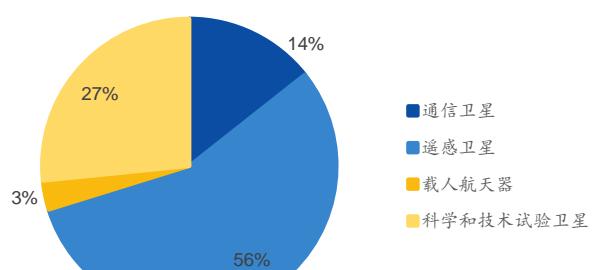
卫星名称	应用领域	发射时间	分辨率/m	载荷	是否在役	所属国家
Landsat1	资源	1972 年	80	光学	否	美国
Landsat-8	资源、环境、海洋	2013 年	15 (全色) 60 (多光谱)	光学	否	美国
WorldView-4	测图、灾害、	2016 年	0.31 (全色) 1.24 (多光谱)	光学	是	美国
ALOS-2	环境	2014 年	1 (全色) 3 (多光谱)	合成孔径雷达	是	日本
SPOT-7	资源、制图	2014 年	1.5 (全色) 6 (多光谱)	光学	是	法国
Radarsat 星座	环境、资源、军事	2019 年	0.7~100	合成孔径雷达	是	加拿大
Cartosat-3	规划、资源	2019 年	0.65 (全色) 2 (多光谱)	光学	是	印度
Resurs-P4	测绘、气象、国防	2020 年	未知	高光谱	是	俄罗斯
Capella3	地球观测	2021 年	0.5	合成孔径雷达	是	美国
StriX-1	地球观测	2022 年	1	合成孔径雷达	是	日本
风云一号 A 星	气象	1988 年	红外与可见光扫描辐射计	1100	否	中国
中巴地球资源卫星 01 星	资源	1999 年	红外扫描仪 CCD 相机	20	否	中国
高分一号	资源	2013 年	全色多光谱相机	2 (全色) 8 (多光谱)	是	中国
高分三号	资源	2016 年	合成孔径雷达	1	是	中国
高分多模卫星	资源	2020 年	高分辨率相机、大气同步 校正仪	0.5 (全色) 2 (多光谱)	是	中国
吉林一号高分 03 星	资源	2020 年	光学	亚米级 (全色) <4 (多光谱)	是	中国
海洋 2C 卫星	海洋	2020 年	微波/激光测高仪	测高精度小于 0.04	是	中国
高分十一号 04 星	规划、防灾	2022 年	光学	0.6	是	中国

资料来源：《卫星遥感与 6G 通信遥感一体化》许文嘉，国元证券研究所

遥感卫星市场应用规模不断扩大，商业遥感卫星进入产业化发展阶段。根据 Mordor Intelligence，遥感卫星市场规模预计将从 2023 年的 391.1 亿美元增长到 2028 年的 704.8 亿美元；我国卫星遥感产业规模从 2012 年的 40.83 亿元增长至 2021 年的 118.12 亿元，年复合增速为 12.5%。根据《中国航天科技活动蓝皮书》(2022)，2022 年中国共发射遥感卫星 105 颗，居世界首位。目前我国遥感卫星正在加速向精细化、星座化、体系化迈进，公司作为 SAR 卫星 T/R 芯片核心供应商之一，有望充分受益。

图 25：全球遥感卫星市场规模（亿美元）


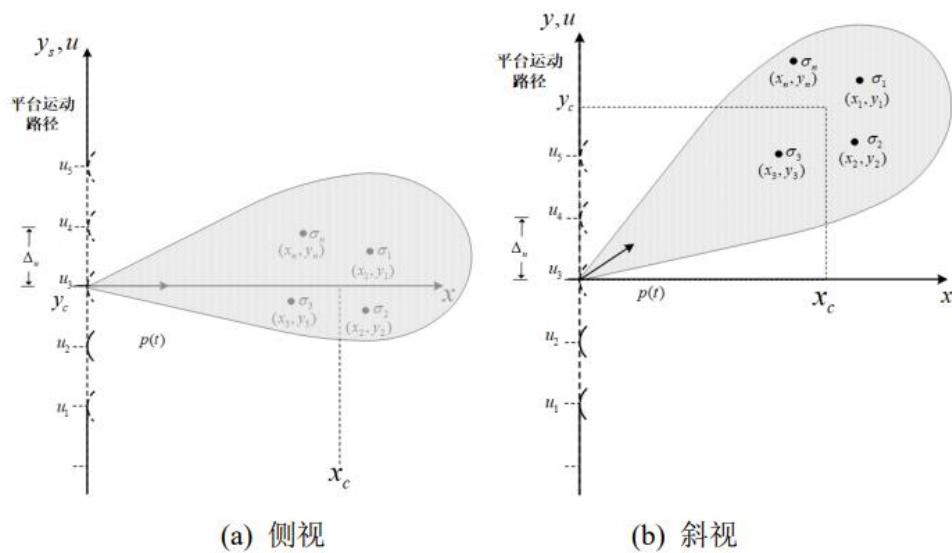
资料来源：Mordor Intelligence，国元证券研究所

图 26：2022 年我国航天器卫星发射情况


资料来源：《中国航天科技活动蓝皮书》(2022)，国元证券研究所

3.2 遥感 SAR 技术发展突飞猛进，军民领域应用广泛

合成孔径雷达（SAR）是一种主动微波遥感设备，它通过雷达平台和目标之间的相对运动，在一定积累时间内，将雷达在不同空间位置上接收的宽带回波信号进行相干处理得到目标二维图像，与光学遥感特点不同的是，SAR 遥感具有全天时、全天候工作的能力与一定的地表穿透能力，弥补了光学遥感和红外遥感的不足。

图 27：二维形式 SAR 成像示意图


资料来源：《星载多角度 SAR 成像与几何、散射信息提取关键技术研究》景茂强，国元证券研究所

SAR 技术突飞猛进，已成为遥感卫星主流方向。 SAR 卫星大致可划分为 3 个阶段：1951—1990 年主要是美国在对 SAR 进行研究，技术还处于研究和实验阶段；1990—2000 年 SAR 技术逐渐成熟完善，美国、欧洲、加拿大、俄罗斯、日本等国家和地区都开始了 SAR 卫星的研制和应用；2000 年以后，中国、韩国、印度等国家也先后发射了 SAR 卫星。尤其是近些年，各国对于卫星遥感技术更加重视，SAR 作为对地观测的重要手段也逐渐成为研究的热点。

表 16：世界各国的主要星载 SAR 系统

国家	传感器/项目	运行时间 (年)	波段&极化方式	入射角	其他
美国	Seasat	1978	L(HH)	20°	世界第一颗 SAR 卫星, 幅宽 100km 分辨率 25m
	SIR-A/B	1981/1984	L(HH)	47°	幅宽 50km, 分辨率 40m
	SIR-C/X-SAR	1994	L 和 C(全极化)/X(VV)	20° — 55°	第一颗多极化、多频率雷达卫星, 幅宽 15—90km, 分辨率 30m
	SRTM	2000	C(全极化)/X(VV)	15° — 55°	第一个星载干涉 SAR 系统, 幅宽 50—225km, 分辨率 30m
欧空局	ERS-1	1991-2000	C(VV)	23° — 26°	欧洲第一颗遥感卫星, 幅宽 80—100km, 分辨率 30m
	ERS-2	1995-2011	C(双极化)	15° — 45°	第一颗发/收结构 SAR 卫星, 幅宽 5—400km, 分辨率 10—1000m
	ENVISAT/ASAR	2002-2012			
	Sentinel-1	2014-	C(双极化)	0° — 47°	幅宽 20—400km, 分辨率 5—40m
德国	TerraSAR-X	2007-	X(全极化)	20° — 55°	第一个双基地 SAR 系统, 幅宽 15—100km, 分辨率 1—26m
	TanDEM-X	2010-			
意大利	COSMO-SkyMed	2007-	X(全极化)	20° — 60°	4 颗卫星的星座, 幅宽 10—200km, 分辨率 1—100m
加拿大	Radarsat-1	1995-2013	C(HH)	10° — 60°	加拿大第一颗 SAR 卫星, 幅宽 45—500km, 分辨率 9—50m
	Radarsat-2	2007-	C(双极化)		
日本	JERS-1	1992-1998	L(HH)	35°	日本第一颗 SAR 卫星, 幅宽 75km, 分辨率 20m
	ALOS-1	2006-2011	L(全极化)	10° — 50°	幅宽 30—360km, 分辨率 10—100m
	ALOS-2	2014-			幅宽 490km, 分辨率 1—100m
中国	HJ-C	2012-	S(VV)	25° — 47°	4 颗卫星的星座, 幅宽 40—100km, 分辨率 5—20m
	GF-3	2016-	C(双极化)	10° — 60°	12 种成像模式, 幅宽 5—650km, 分辨率 1—500m

资料来源：《星载 SAR 技术的发展及应用浅析》梁泽浩，国元证券研究所

由于 SAR 不受天气、气候的影响, 具备全天时、全天候的优势, 可同时获取地表反射强度和相位, 且具有一定穿透性, 其在军事侦察、全球测绘、自然灾害防治等军民领域得到了广泛的应用。

表 17：SAR 应用领域

应用领域	应用描述
农业领域	不同农作物的冠层结构、几何特性和介电特性在 SAR 图像中表现出不同特征, 这就可以作为农作物的分类依据。研究证明, 将光学遥感、地面监测以及 SAR 数据结合可显著地提高农作物的分类精度。此外, SAR 影像还可以对土壤湿度和植被含水量进行评估
土地分类	在土地覆盖变化监测和地物类型划分时, 利用多频率、多极化 SAR, 结合光谱特征、纹理变量信息和极化属性可保留地物几何特征, 在一定程度上避免了噪声干扰, 帮助分析目标的多种属性, 提高分类精度。此外, 相比于单时相分类, 利用多时相干涉 SAR 的数据得到的分类结果更加精确, 也可以更好地分辨随时间变化的土地覆盖情况
地质勘探领域	雷达的大范围高精度探测能力得到了体现, 利用 SAR 数据可以分析地貌特征和构造现象, 甚至可以对岩体岩性和浅部埋藏地质体进行初步解译

林业领域	在大范围森林覆盖变化的监测中，SAR 数据有巨大应用价值。研究证明，利用图像强度、纹理特征以及时间序列图像分析等多变化检测特征融合的方法，可有效地提高毁林检测性能。利用 SAR 数据不仅可以监测森林面积，而且可以获取垂向信息，进而反演森林高度、森林蓄积量等指标，为有效地管理和保护森林、预防灾害发生提供科学依据
灾害监测	在不方便人员到达的地区使用 SAR 卫星的监测数据可以安全地获得形变的高精度资料，根据 SAR 对受灾地区的状况进行监测，方便指导救灾，也可以帮助进行灾后的分析和研究。SAR 还可以帮助对城市地表沉降、矿区沉降、滑坡、洪水、火山和台风等灾害进行监测，利用多时间序列 SAR 数据使用分类算法可以获取洪水的演进变化，监测地表沉降的动态和滑坡形成过程，获取台风时的海面风速信息等
高精度 DEM 获取	SAR 数据在建立地面数字高程模型方面具有监测精度高、范围广、全天时全天候等优势，是非常具有发展潜力的对地观测手段，高分辨率 SAR 数据完全满足对于生成高精度 DEM 的需求。利用 SAR 获取的 DEM 数据具有更高的时效性，与研究区的真实地面状况更加吻合
冰雪监测	SAR 技术可以对其进行监测，反演气候水文循环的变化过程。利用 SAR 数据可以进行海冰分类，对海上浮冰进行监测，区分海冰类型，帮助对海冰冰情进行评估。通过 SAR 图像可以对冰川地貌进行识别和绘图 SAR 还可以对冰川的变化进行动态监测，研究冰川流速与温度、季节、地理位置和地貌条件等多种因素的关系，绘制极地海冰高分辨率运动场，对极地海冰的运动特征进行描述
海洋领域	SAR 在海洋领域应用广泛，包括海上船只监测、海上溢油监测、海底地形反演、海浪监测、内波反演等。在海上船只监测方面，利用 SAR 图像依据船只结构特征的差异可对货船和油船进行分类识别，依据基于形态成分分析的舰船尾迹检测方法，可实现在复杂海况背景下的曲线尾迹检测；在海上溢油监测方面，SAR 可利用油膜对海面波动的抑制造成的后向散射差异进行溢油区域探测；在海底地形反演方面，SAR 卫星可以作为海洋调查船的补充，结合先验地形特征、水动力模型，对近岸浅海区域的水下地形进行探测；SAR 还可以进行海浪观测，反演海浪谱和有效波高；提取内波边缘特征，描述内波产生位置及传播方向，反演内波波速、波长和振幅，建立内波参数反演模型。

资料来源：《星载 SAR 技术的发展及应用浅析》梁泽浩，国元证券研究所

遥感 SAR 单星价值量大，T/R 芯片价值量高。一颗遥感卫星通道由几千到几万不等，根据公司官网新闻，试验十号 02 星搭载了铖昌科技研制的 2 万多颗高性能 T/R 芯片。根据铖昌科技招股书，2021 年单颗 T/R 芯片平均售价高于 500 元，假设以平均价格计算，一颗遥感 SAR 单星价值量在一千万以上，并且星载 T/R 芯片由于抗辐射、功率等要求远高于其他产品，所以单价较高，遥感 SAR 单星价值量远高于一千万。

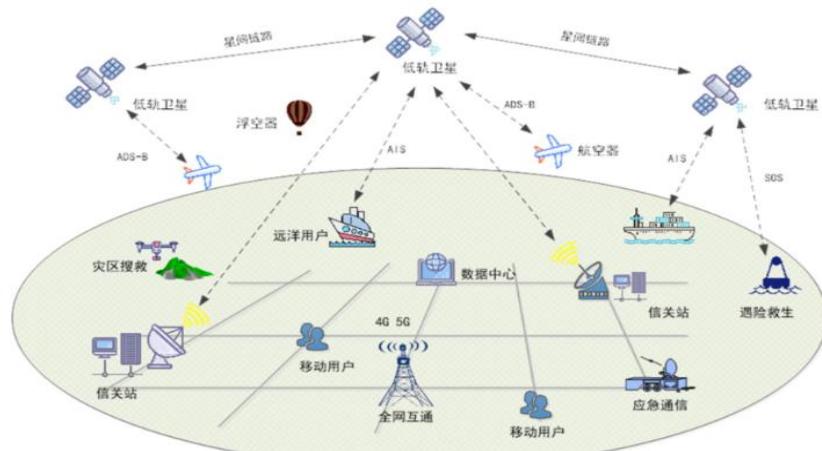
3.3 全球低轨卫星部署进入白热化阶段，卫星互联网应用迎来机遇

卫星互联网，可分为狭义和广义两个概念。

狭义的卫星互联网，即以构建太空高速通信网络为目标，通过采用低轨通信卫星组网方式，实现全覆盖通信，消除现有地面互联网的覆盖盲点，满足偏远地区以及空中、海上通信盲区的联网需求，弥合数字鸿沟。

广义的卫星互联网，是基于通信、导航、遥感等技术提供卫星网络解决方案，赋能各行业创新发展，其中卫星作为基础设施，可实现太空移动铁塔的功能，同时伴随技术创新可实现各种载荷 和传感器的配备，形成太空分布式计算平台。

图 28：低轨卫星互联网应用



资料来源：《低轨卫星互联网：发展、应用及新技术展望》禹华刚，国元证券研究所

按照轨道高度，通信卫星主要包括 **LEO**（低地球轨道）、**MEO**（中地球轨道）、**GEO**（地球静止轨道）。基于不同轨道构建的卫星通信系统，在覆盖范围、系统容量，传输延时、卫星寿命等方面，具有不同特点。

表 18：卫星轨道分类

卫星轨道类型	轨道高度	卫星用途
LEO（低地球轨道）	200-1200	对地观测、测地、通信等
MEO（中地球轨道）	1200-36000 千米	导航
GEO（地球静止轨道）	36000 千米	通信、导航、气象观测等

资料来源：国家航天局，国元证券研究所

与传统的中轨和高轨同步卫星系统相比，低轨卫星系统具备低延迟、高宽带、低成本、广覆盖等优势，与地面移动通信网络相比，建设成本更低、覆盖区域更广。

表 19：低轨卫星特性对比

特性	具体内容
低时延	时延指标可以基本实现与地面系统相媲美，将传统中轨道卫星系统 200 毫秒的时延降低到几十乃至十几毫秒
高带宽	伴随宽带通信技术创新突破，卫星通信带宽已实现从百 Mbps 至 Gbps 的大幅升级。以银河航天首发星为例，采用 Q/V 和 Ka 等通信频段，具备 10Gbps 速率的透明转发通信能力，可通过卫星终端为用户提供宽带通信服务
广覆盖	地球同步轨道卫星在超过南北纬 70° 时，将出现信号覆盖大幅下降的现象，而由数千颗低轨卫星组成的星座能全面实现对包括海洋、偏远地区、森林等传统盲区在内的无缝覆盖
低成本	随着小卫星研制技术的成熟，卫星互联网系统在整体制造成本方面具备显著优势，同时使用寿命得到进一步延长。SpaceX 依托通用、可重复使用的材料、零部件及系统装备等，单颗“星链”卫星的成本可以降低到 50 万美元左右

资料来源：《卫星互联网产业链分析及发展趋势研判》李雨凌，国元证券研究所

卫星互联网产业链涉及领域广泛。产业链主要包括卫星制造、卫星发射、地面设备制造以及卫星运营及服务四个环节。其中，卫星制造环节包括卫星平台、卫星载荷；卫星发射环节包括火箭制造和发射服务；地面设备包括固定地面站、移动式地面站和用户终端；卫星运营及服务环节包括卫星移动通信服务、宽带广播服务以及卫星固定服务等。

图 29：卫星互联网行业产业链

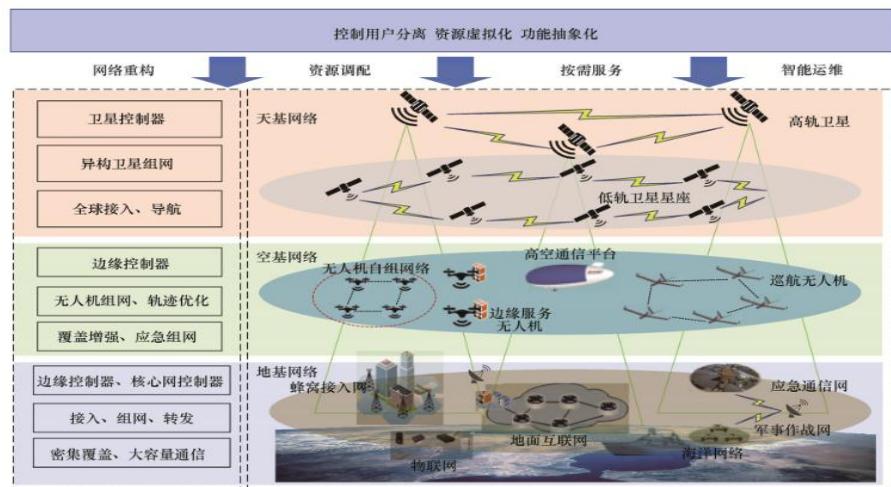


资料来源：《中国卫星互联网产业发展研究白皮书》，国元证券研究所

在需求侧，由于其拥有广覆盖、低时延、高带宽、低成本等特点，卫星互联网战略及经济意义巨大，在全球通信、物联网、军事等领域应用广泛。

一是 6G 将成为卫星互联网重要应用。6G 将实现空天地一体化的全球无缝覆盖，星地一体融合组网技术将成为 6G 网络最重要的潜在技术之一，6G 网络架构从地面接入向空天地海泛在接入的转变，需要支持天基、空基、地基多种接入方式，固定、移动、卫星多种连接类型，作为未来通信重要的基础设施，卫星互联网将不再是 5G 技术情景下的支援部队与策应力量，而是必然上升为 6G 网络背景下的先锋部队与主力阵容。

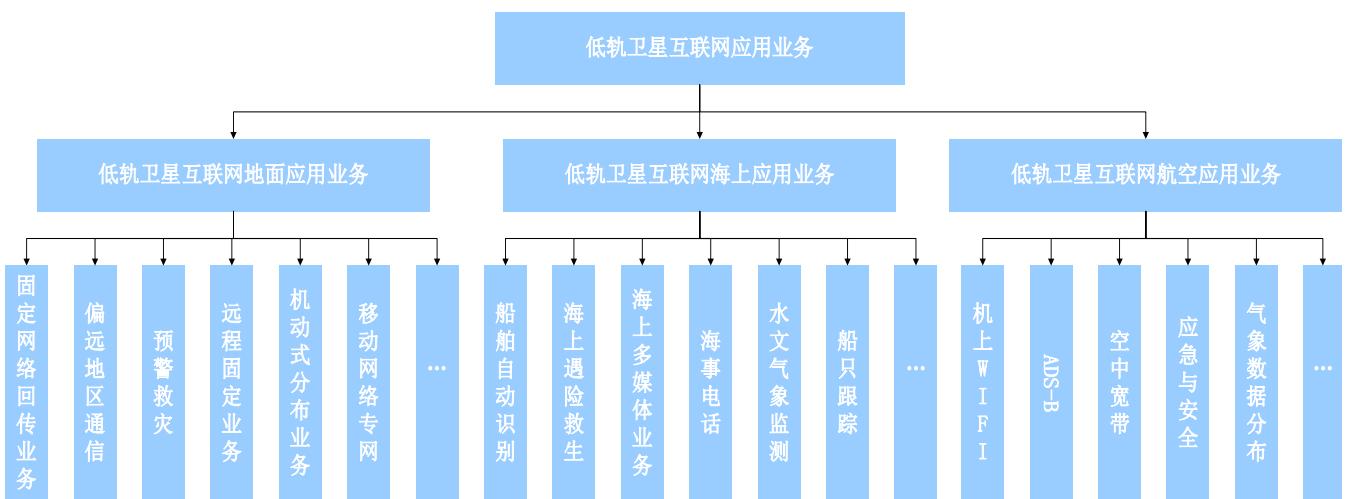
图 30：空天地一体化网路架构



资料来源：《空天地一体化网络技术：探索与展望》沈学民，国元证券研究所

二是目前海洋作业及科学考察、航空宽带等场景卫星通信需求突出。卫星作为地面基站的替代，在海洋通信、航空领域机载通信等方面传播信息更高效、抗干扰能力更强等优势。

图 31：低轨卫星互联网应用业务



资料来源：《低轨卫星互联网：发展、应用及新技术展望》禹华钢，国元证券研究所

三是卫星互联网国防战略意义显著。卫星互联网通常作为受损地面系统的有力补充，持续提供通信服务，美国“星链”在俄乌冲突中应用体现了低轨卫星的战略价值。SpaceX 为乌克兰开通星链服务，并配备上万台星链终端，通过星链终端，乌军采用移动基站加星链终端的方式迅速恢复了战区通信；星链终端轻便小巧，提高了乌克兰即时通信能力，使其获得了战场感知优势，能够精准打击俄军军事目标。

图 32：乌克兰星链连接情况

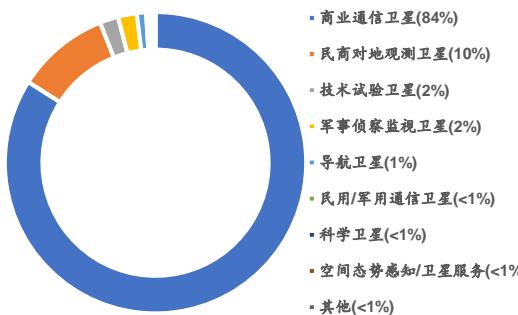

资料来源：《从信息渠道到战略资源：俄乌冲突中星链卫星网络的功能跃升》何康
国元证券研究所

图 33：“星链”支持下的无人机对地攻击毁伤效果

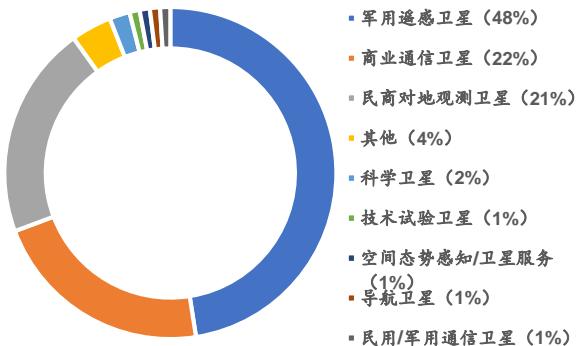

资料来源：《“星链”在俄乌冲突中的运用分析和思考启示》彭中新，国元证券研
究所

在供给侧，卫星制造及发射技术日趋成熟，轨道和频率资源重要性及紧缺性日益为各国所重视。

一是卫星制造市场规模日益攀升，技术路径发展迅速。2022年卫星制造业收入158亿美元，在卫星产业总收入中占比为5.6%，同比增长15.5%。当前卫星设计模块化、总线技术制造标准化、组件更趋小型和先进化，一批星座工厂不断涌现，生产速度和效率不断提升，发射成本不断降低。

图 34：2022 年发射各类卫星占比情况


资料来源：SIA《卫星产业状况报告 2023》，国元证券研究所

图 35：2022 年各类卫星制造收入占比情况


资料来源：SIA《卫星产业状况报告 2023》，国元证券研究所

二是卫星频率及低轨资源稀缺且争夺激烈。由于低空领域有限，只能容纳约6万颗卫星，无论是频谱和轨道，国际ITU采取“先占先得”的原则，中国、美国、英国、俄罗斯等主要经济体都在低轨卫星领域开展了一系列布局，以美国为例，包括SpaceX、亚马逊、OneWeb等巨头均推出了相关的星座计划。

表 20：世界主要国家低轨卫星申请情况（截止 2023 年 11 月 16 日）

国家	公司名称（星座名称）	数量（颗）	已发射
中国	星网公司 (GW)	12922	-
	航天科技(鸿雁)	72	3
	航天科工 (虹云)	156	1

	银河航天（星座名称不详）	650	8
	中国电科（万象）	120	2
美国	SpaceX (Starlink)	42000	5422
	亚马逊 (Project Kuiper)	3236	0
	ASTSpaceMobile (SpaceMobile)	243	-
	LynkGlobal (星座名称不详)	5000	8
英国/印度	OneWeb	6372	634
俄罗斯	俄罗斯航天集团（球体）	600	-

资料来源：《我国低轨卫星互联网发展的问题与对策建议》李峰，Jonathan 国元证券研究所

国内低轨卫星即将快速扩张期，卫星互联网应用迎来机遇。2020 年，发改委将卫星互联网纳入新基建，新央企星网集团成立，2020 年至 2021 年期间，我国卫星相关企业新注册量规模迅速扩张，新增量分别同比大幅增加 105.7%、61.1%，并于 2022 年首次突破 3 万家。截至 3 月底，我国今年已新增卫星相关企业 9200 家。中国已向 ITU 提交了布局 12992 颗低轨卫星的申请。未来随着星座计划部署阶段的推进，规模效应凸显，成本降低，空间段和地面段相关基础设施这些环节将率先获益，这也将有利于我们国家整个卫星互联网产业链上游的自主创新能力的提升。

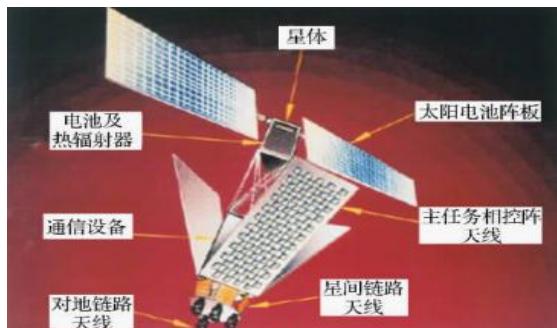
图 36：卫星互联网进行高速发展阶段



资料来源：中国政府网，国元证券研究所

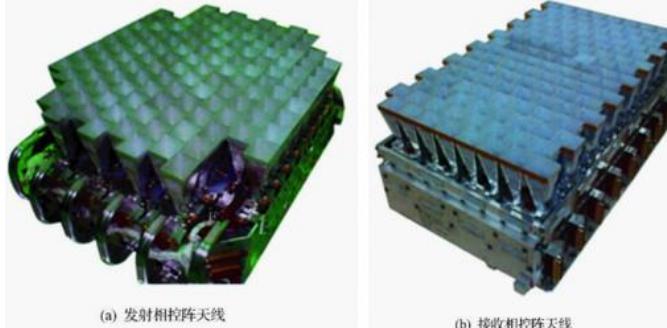
低轨卫星上通信天线采用相控阵体制已经成为主流，相控阵 T/R 芯片的需求量应势提升。随着应用的发展及技术的进步，对数据传输容量的要求越来越大，原来采用的低增益天线已无法满足应用的要求。机械扫描天线只能实现单波束的移动，还可能导致可靠性下降、重量增加等问题，所以采用相控阵天线是最佳解决途径之一。近年来，日本的宽带多媒体卫星通信系统“宽带联网工程与验证卫星”(WINDS)，美国的宽带卫星“太空之路”(Spaceway)、“宽带全球卫星通信”卫星(WGS)和“先进极高频”(AEHF)军事通信卫星等已相继发射，均采用了大规模相控阵天线技术。在此期间，国内也开展了大型星载相控阵天线预研及研制工作，预示着星载相控阵天线技术的跨越式快速发展，进而带动 T/R 芯片的需求。

图 37：“铱星”相控阵天线布局图



资料来源：《星载相控阵天线的技术现状及发展趋势》闫鲁滨，国元证券研究所

图 38：日本 WINDS 卫星相控阵天线



资料来源：《星载相控阵天线的技术现状及发展趋势》闫鲁滨，国元证券研究所

公司卫星通信 T/R 芯片已进入量产阶段，未来业绩增速有望加快。公司凭借多年的技术积累，具有技术先发优势和丰富的产品应用经验，目前与多家科研院所及优势企业开展合作，并于 2022 年进入量产阶段，后续随着我国卫星互联网的加速建设，公司募投项目的陆续落产，未来几年卫星互联网 T/R 芯片或将进入快速交付期，业绩增速有望持续加快。

3.4 5G 毫米波基站建设带动民用 T/R 芯片市场需求

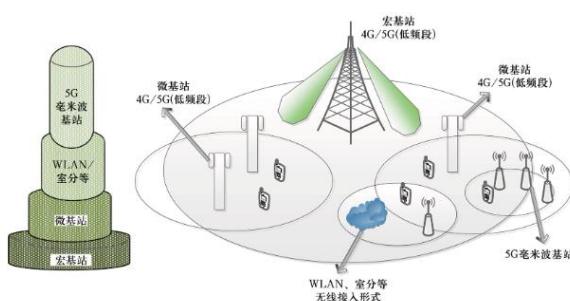
基站是公用移动通信无线电台站的一种形式。移动通信信息以电磁波为媒介进行传输，基站的主要功能是在无线覆盖区域中，接收与发送无线信号、以及将无线信号转换成易于传输的光/电信号，实现信息在不同终端之间的传输并将不同频率的信号识别区分出来。根据 3GPP 制定的规则，无线基站按照功能可划分为宏基站、微基站、皮基站和飞基站，覆盖半径 200 米以上为宏基站，10-200 米可统称为小基站。

表 21：无线基站按功能分类

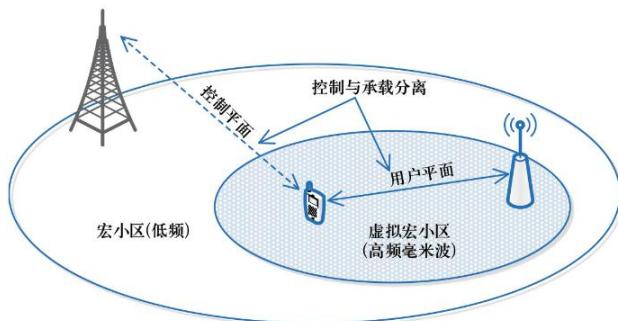
名称	别称	单载波发射功率	覆盖半径
宏基站	宏站	10W 以上	200 米以上
微基站	微站	500mW-10W	50-200 米
皮基站	企业级小基站	100mW-500mW	20-50 米
飞基站	家庭级小基站	100mW 以下	10-20 米

资料来源：《5G 小基站应用场景综述》张英辉，国元证券研究所

“宏基站+小基站”协同组网将是未来趋势。由于 5G 通信采用的高频波段，绕射能力与穿透能力弱、长距离容易受干扰，因此受建筑物阻挡时，容易产生许多信号死角，对室内的网路覆盖也极其有限。小基站体积小、布设简单，可以充分部署在宏基站无法触及的末梢，深度覆盖困难区域和人口热点区域，有效解决信号盲点。

图 39：基于 5G 毫米波的超密集异构网示意图


资料来源：《5G 毫米波在移动通信系统的应用研究》温正阳等，国元证券研究所

图 40：虚拟化小区技术


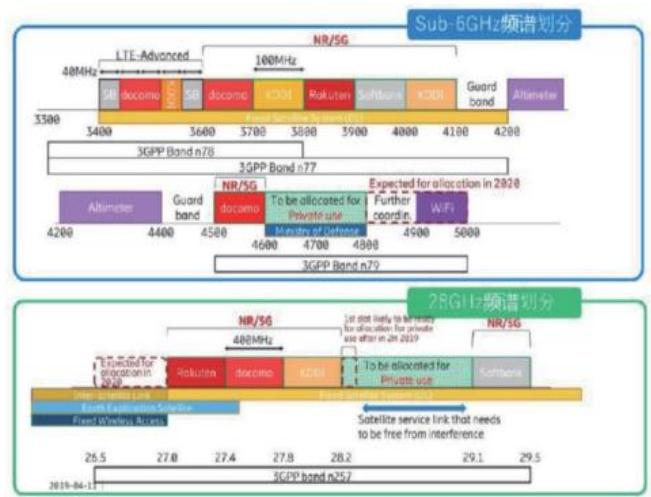
资料来源：《5G 毫米波在移动通信系统的应用研究》温正阳等，国元证券研究所

毫米波应用潜力巨大，毫米波基站部署规模将不断增加。国际电信联盟无线电部门发布的《5G 愿景》定义 5G 系统将满足增强的移动宽带、海量的机器间通信、超可靠和低延时通信三大主要应用场景需求。5G 未来网络将主要使用两段频率 FR1 频段和 FR2 频段，目前国际上欧洲、中国、日本、韩国、澳大利亚等地都计划使用 FR1 频段进行先期 5G 网络部署，美国等地区则以 FR2 频段进行部署。未来随着对 5G 时延、传输速率等要求越来越高，毫米波基站部署建设规模也将不断增加。

表 22：FR1 和 FR2 频谱简介

频率范围名称	频率范围	俗称
FR1	450MHz~6GHz	Sub-6GHz
FR2	24~52GHz	毫米波

资料来源：《毫米波 5G 基站的应用挑战和未来发展》刁兆坤，国元证券研究所

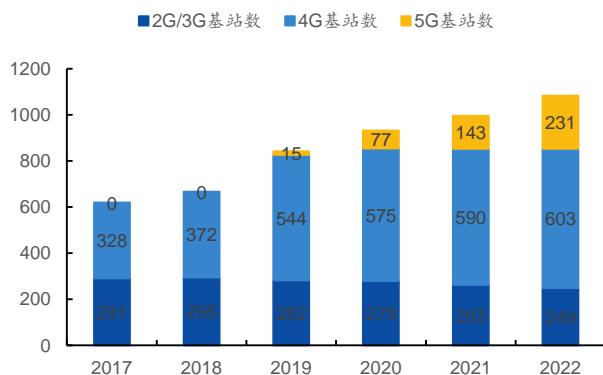
图 41：日本毫米波频谱规划情况


资料来源：《毫米波 5G 基站的应用挑战和未来发展》刁兆坤，国元证券研究所

- 在 6GHz 以下频段，Docomo 和 KDDI 各拍得 2x100MHz，Softbank 和 Rakuten 各拍得 100MHz
- 28GHz 频段频段，4 家运营商每家均获得 400MHz 带宽
- 日本政府特意留出 200MHz@4.7GHz 和 900MHz@28GHz 为发展智能工厂等垂直行业发展，推动 5G 定制化网络和产业升级。

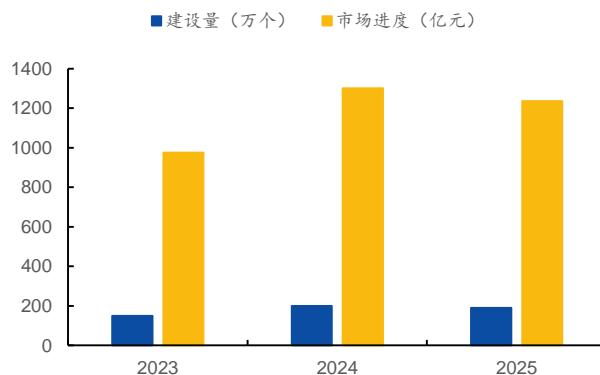
5G 场景化白皮书》中提到 5G 时代将有超过 80% 的数据业务发生在室内场景。截止到 2023 年 7 月末，我国 5G 基站总数达 305.5 万个，占移动基站总数的 26.9%，根据前瞻研究院，2023 年到 2025 年，中国 5G 小基站的年度建设量分别为 150 万、200 万、190 万，对应的市场进度分别是 975 亿元、1300 亿元和 1235 亿元。

图 42：2017-2022 年我国基站建设情况（万个）



资料来源：工业和信息化部，国元证券研究所

图 43：未来 3 年 5G 小基站建设情况



资料来源：前瞻产业研究院，国元证券研究所

公司毫米波技术储备丰厚，有望打开民品领域市场。公司技术储备在毫米波，而 5G 小基站以毫米波为主，目前公司已经和主流通信设备生产商建立了良好的合作关系，完成芯片多轮迭代开发，支撑 5G 毫米波相控阵 T/R 芯片国产化，后续随着 5G 小基站建设的进一步推进，公司有望打开民品领域市场。

表 23：5G 小基站主要应用场景

场景分类	典型场景	优选架构
超高容量场景	体育场馆、交通枢纽等	ASIC 架构小基站
中高容量场景	写字楼、校园、工厂等	通用服务器架构小基站
小容量场景	家庭、咖啡厅、营业厅	SoC 架构小基站

资料来源：《5G 小基站发展规划研究》徐慧俊，国元证券研究所

5G 技术的发展影响了人工智能、物联网和自动驾驶等新兴产业，未来业务市场的不同需求，不同的应用场景，对频谱的需求也不一样。5G 毫米波的高带宽、高速率和低时延等特点，可帮助释放这些新型产业的发展潜能，为各行各业带来技术变革，为创新驱动的经济创造新动能，而公司拥有毫米波丰厚的技术储备，有望充分受益下游新兴产业旺盛需求，带动公司业绩实现新突破。

4. 竞争格局分析

4.1 主要竞争对手基本情况介绍

公司是国内少数能够提供先进相控阵 T/R 芯片解决方案及宇航级芯片研发、测试及生产的企业，先后承研多个国家重点国防科技项目并通过严格质量认证，成功建立了星载相控阵 T/R 芯片自主研发和生产能力，芯片产品技术指标达到国内先进水平。

表 24：公司竞争优势

行业壁垒	具体内容
技术壁垒	由于相控阵 T/R 芯片应用领域广泛，所以军用市场相控阵 T/R 芯片具有定制化特点，在不同应用场景下，对芯片的性能指标要求各不相同，对芯片的性能、体积、成本、可靠性等问题要求严格，产品的开发需要较长时间的开发、论证、技术迭代
市场及客户壁垒	下游为军工部门、军工集团及下属单位等，其对企业有较高的技术和资质要求，对产品具有严格的遴选或许可制度，产品一旦定型，即具有较强的路径依赖性，更换供应商的程序复杂，成本较高。此外，军事装备对产品的技术稳定性有极高的要求，因而具有较强的稳定性和连贯性。
业务资质壁垒	由于军工行业的特殊性，从保密和技术安全角度出发，从事军品研发和生产的企企业需要取得相关的准入资质。这些资质要求企业具有较强的技术实力、配套实力，且认证周期长，公司已获得研发和生产经营所需的完整军工资质，对不具备相关资质的企业形成竞争优势。

资料来源：公司招股说明书，国元证券研究所

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（中国电科 13 所和中国电科 55 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。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，但相较于军工集团的下属科研院所，公司的相对份额较小。

表 25：国内同行可比院所情况

公司名称	主营产品	公司市场地位
中国电科 13 所	覆盖电子、光电子、半导体高端传感器、光机电集成微系统、微机械电子系统(MEMS)五大领域以及材料、封装、设备仪器等支撑领域	我国重要的高端核心电子器件供应基地、半导体新技术创新基地，设有砷化镓集成电路和功率器件国家重点实验室、国家半导体器件质量监督检验中心、国防科技工业 1312 二级计量站、博士后科研工作站，为武器装备核心电子器件的主要生产商。
中国电科 55 所	固态器件与微系统、光电显示与探测器件的研发、生产和销售。	我国大型电子器件研究、开发及应用研究所之一，拥有砷化镓微波毫米波单片和模块电路国家重点实验室、国家平板显示工程技术研究院。突破砷化镓 T/R 组建后近年研发了氮化镓 T/R 组件，技术水平全国领先。

资料来源：各公司官网，国元证券研究所

4.2 主要竞争对手对比

公司产品主要功率放大器芯片、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，主要应用领域为星载、地面、机载、舰载等。

在 T/R 组件领域，中电 13 所和 55 所占据市场主要份额，民营企业市场份额较低，细分领域各有侧重。

中国电科十三所：有源相控阵 T/R 组件产品定位于低频通用方向，产品工作频率较低（C、S、L 等频段），应用领域主要为卫星通信、地面雷达、舰载雷达、电子战、单兵雷达等。

中国电科五十五所：谱系较完善，以 T/R 组件的芯片设计为主，应用领域比较广泛。

国博电子：形成了系列化的砷化镓化合物半导体产品，通过整合中国电科五十五所微系统事业部有源相控阵 T/R 组件业务，公司构建了覆盖 X 波段、Ku 波段、Ka 波段的设计平台、微波高密度互连工艺平台以及全自动通用测试平台，具备 100GHz 以下有源相控阵 T/R 组件研制生产能力，为各型装备配套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。

雷电微力：出货产品为毫米波微系统，产品形态与铖昌科技存在差异，不是直接竞争关系。

亚光科技：生产的混合集成电路、微波电路及组件主要应用于星载、机载、舰载、弹载、地面等应用平台的雷达部件、通讯部件、电子对抗等的电子器件，公司的微封装混频器和功分器，在国内处于领先地位，至今已具备三十多年的设计与生产经验。

睿创微纳：2022 年，公司在微波领域已建立完整产业链，以 T/R 组件、相控阵子系统及雷达整机切入微波领域，目前 Ku 波段一维相控阵天线、Ku 波段地面监视雷达等产品完成小批量生产和交付，取得国内外客户订单。

表 26：可比公司估值情况对比（截止 2023 年 11 月 17 日）

股票代码	股票名称	股价(元)	EPS(元)			PE		
			2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E
688375	国博电子	83.84	1.56	1.99	2.55	53.04	41.71	32.43
301050	雷电微力	65.74	2.01	2.4	3.08	32.82	27.47	21.42
300123	亚光科技	8.52	0.05	0.12	0.18	176.47	68.73	46.06
688002	睿创微纳	46.69	1.21	1.69	2.28	40.85	29.34	21.67
中位数						46.95	35.53	27.05
平均数						75.80	41.81	30.40
001270	铖昌科技	85.45	1.15	1.54	1.99	71.41	53.51	41.33

资料来源：Wind，国元证券研究所

5. 盈利预测

5.1 假设条件

收入端：

相控阵 T/R 芯片：

关键假设 1：基于星载 T/R 芯片的行业景气度和地面相控阵雷达的需求放量，预计公司 T/R 芯片业务将处于快速发展阶段，我们假设 2023 年/2024 年/2025 年业务增速分别为 43%/33%/28%

关键假设 2：公司近几年产品由星载向其他领域拓展，产品结构发生变化，2023 年地面相控阵系列占比提升明显，因为地面相控阵领域比星载领域毛利率低，所以 2023 年毛利率下降较为明显，后续毛利率呈较为平稳的趋势，我们假设 2023 年/2024 年/2025 年毛利率分别为 64%/64%/63%。

技术服务：

关键假设 1：公司近 3 年此项业务收入比较稳定，且非公司主营业务，未来体量增长空间有限。预计未来 3 年仍将保持此类趋势，我们假设 2023 年/2024 年/2025 年营收分别为 0.18 亿元/0.19 亿元/0.20 亿元。

费用端：

关键假设 1：随着公司销售体系的完善和研发费用的稳定支出，预计近三年费用保持相对稳定的趋势。

5.2 公司估值

公司作为上市公司中星载相控阵雷达 T/R 芯片核心民营企业供应商，未来随着卫星互联网市场爆发增长和公司多领域项目的落地，公司未来业绩有望实现高速增长。预计 2023-2025 年公司归母净利润为 1.80 亿元、2.41 亿元、3.12 亿元，EPS 分别为 1.15 元、1.54 元、1.99 元，对应 PE 为 71.41 倍、53.51 倍、41.33 倍，给予“买入”的投资评级。

附表：盈利预测

财务数据和估值	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入(百万元)	210.93	277.79	404.49	563.73	761.75
收入同比(%)	20.60	31.69	45.61	39.37	35.13
归母净利润(百万元)	159.98	132.75	180.38	240.72	311.70
归母净利润同比(%)	251.71	-17.02	35.88	33.45	29.48
ROE(%)	22.94	9.73	12.06	14.29	16.21
每股收益(元)	1.02	0.85	1.15	1.54	1.99
市盈率(P/E)	80.52	97.04	71.41	53.51	41.33

资料来源：Wind，国元证券研究所

6. 风险提示

技术迭代及创新风险。公司主营业务与技术紧密结合，所处行业技术迭代较快，技术推动特征明显。若公司不能及时通过技术迭代或创新等方式把行业技术发展趋势和市场需求转化为产品竞争力，或者研发未能取得预期成果，则现存的技术优势可能弱化，存在无法满足客户需求的创新风险。

客户集中度较高的风险。由于公司下游客户主要以科研院所及下属单位为主，公司以同一集团合并口径的客户集中度相对较高。若未来公司在新产品研发、新客户开发、新业务领域的拓展等方面进展不利，则较高的客户集中度将对公司的经营产生不利影响。

毛利率波动风险。公司不同应用领域产品的毛利率存在差异，随着公司产品线逐渐丰富，未来产品结构会随之发生变化，叠加主要客户降价需求，公司毛利率会存在一定波动；此外，若未来市场竞争加剧、国家政策调整或者公司未能持续保持产品的领先性，若产品售价及原材料采购价格发生不利变化，公司毛利率存在下滑的风险。

市场竞争加剧的风险。公司目前主要竞争对手为少数科研院所，由于我国军工产品制造领域开放时间较短，且行业进入具有较高的壁垒，行业内竞争者数量尚不多，但随着国家加快军工电子产业发展的一系列政策的实施，未来更多社会资源进入该领域，市场竞争将更加充分。如果公司后续发展资金不足，无法持续创新，生产规模及管理水平落后，无法保持市场份额，可能被同行业或新进的其他竞争对手赶超，对公司未来业务发展产生重大不利影响。

财务预测表

资产负债表						利润表					
会计年度	单位:百万元					单位:百万元					
	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E	
流动资产	633.15	1206.31	1233.14	1377.20	1725.85	营业收入	210.93	277.79	404.49	563.73	761.75
现金	66.63	498.28	392.78	300.00	300.00	营业成本	48.52	79.86	144.21	202.57	278.79
应收账款	190.60	259.62	278.49	386.35	579.55	营业税金及附加	2.09	2.00	3.40	4.65	6.19
其他应收款	0.16	0.03	0.16	0.16	0.24	营业费用	8.34	9.91	14.95	20.59	27.93
预付账款	12.66	20.50	32.95	49.28	67.07	管理费用	14.59	17.72	26.52	36.63	49.65
存货	79.49	125.72	170.35	219.27	274.37	研发费用	29.79	43.28	64.23	79.21	98.11
其他流动资产	283.62	302.16	358.42	422.14	504.62	财务费用	-0.30	-1.39	-10.01	-5.98	0.23
非流动资产	117.41	211.48	324.44	457.12	509.95	资产减值损失	-0.19	-1.04	-0.76	-0.86	-0.82
长期投资	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	公允价值变动收益	1.33	0.96	1.09	1.05	1.06
固定资产	31.80	57.79	131.29	225.83	291.68	投资净收益	3.61	3.92	3.82	3.85	3.84
无形资产	10.90	9.05	4.94	0.86	-3.23	营业利润	151.65	140.23	184.19	249.61	322.55
其他非流动资产	74.71	144.64	188.21	230.44	221.50	营业外收入	3.00	2.00	2.33	2.22	2.26
资产总计	750.56	1417.79	1557.58	1834.32	2235.80	营业外支出	0.07	0.00	0.02	0.02	0.02
流动负债	35.88	39.18	43.80	132.21	296.24	利润总额	154.59	142.22	186.50	251.82	324.79
短期借款	0.00	0.00	0.00	82.85	237.31	所得税	-5.39	9.47	6.11	11.09	13.09
应付账款	2.41	13.32	14.40	20.67	30.41	净利润	159.98	132.75	180.38	240.72	311.70
其他流动负债	33.47	25.86	29.39	28.69	28.52	少数股东损益	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
非流动负债	17.18	14.28	17.64	17.17	16.83	归属母公司净利润	159.98	132.75	180.38	240.72	311.70
长期借款	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	EBITDA	159.09	147.34	190.89	275.28	371.15
其他非流动负债	17.18	14.28	17.64	17.17	16.83	EPS (元)	1.91	1.19	1.15	1.54	1.99
负债合计	53.05	53.46	61.44	149.38	313.08						
少数股东权益	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
股本	83.86	111.81	156.54	156.54	156.54						
资本公积	404.21	885.36	840.64	840.64	840.64						
留存收益	209.12	341.86	482.00	668.02	906.73						
归属母公司股东权益	697.50	1364.33	1496.14	1684.94	1922.72						
负债和股东权益	750.56	1417.79	1557.58	1834.32	2235.80						
现金流量表						主要财务比率					
会计年度	单位:百万元					会计年度	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E						
经营活动现金流	21.92	-5.06	82.29	25.91	14.14	成长能力					
净利润	159.98	132.75	180.38	240.72	311.70	营业收入(%)	20.60	31.69	45.61	39.37	35.13
折旧摊销	7.73	8.50	16.71	31.65	48.37	营业利润(%)	206.78	-7.54	31.35	35.52	29.22
财务费用	-0.30	-1.39	-10.01	-5.98	0.23	归属母公司净利润(%)	251.71	-17.02	35.88	33.45	29.48
投资损失	-3.61	-3.92	-3.82	-3.85	-3.84						
营运资金变动	-149.59	-150.25	-128.93	-236.11	-344.83						
其他经营现金流	7.71	9.25	27.95	-0.52	2.52						
投资活动现金流	-209.35	-70.37	-149.05	-155.63	-94.46						
资本支出	23.65	75.62	170.00	160.00	100.00						
长期投资	190.00	0.00	-13.93	2.34	1.15						
其他投资现金流	4.30	5.25	7.02	6.71	6.69						
筹资活动现金流	-0.98	507.07	-38.73	36.94	80.32						
短期借款	0.00	0.00	0.00	82.85	154.45						
长期借款	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
普通股增加	0.00	27.95	44.73	0.00	0.00						
资本公积增加	0.00	481.15	-44.73	0.00	0.00						
其他筹资现金流	-0.98	-2.04	-38.73	-45.92	-74.13						
现金净增加额	-188.40	431.64	-105.49	-92.78	0.00						

资料来源: Wind, 国元证券研究所

投资评级说明：

(1) 公司评级定义		(2) 行业评级定义	
买入	预计未来6个月内，股价涨跌幅优于上证指数20%以上	推荐	预计未来6个月内，行业指数表现优于市场指数10%以上
增持	预计未来6个月内，股价涨跌幅优于上证指数5-20%之间	中性	预计未来6个月内，行业指数表现介于市场指数±10%之间
持有	预计未来6个月内，股价涨跌幅介于上证指数±5%之间	回避	预计未来6个月内，行业指数表现劣于市场指数10%以上
卖出	预计未来6个月内，股价涨跌幅劣于上证指数5%以上		

分析师声明

作者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、客观地出具本报告。本人承诺报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业操守和专业能力，本报告清晰准确地反映了本人的研究观点并通过合理判断得出结论，结论不受任何第三方的授意、影响。

证券投资咨询业务的说明

根据中国证监会颁发的《经营证券业务许可证》(Z23834000)，国元证券股份有限公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询业务是指取得监管部门颁发的相关资格的机构及其咨询人员为证券投资者或客户提供证券投资的相关信息、分析、预测或建议，并直接或间接收取服务费用的活动。证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

一般性声明

本报告由国元证券股份有限公司（以下简称“本公司”）在中华人民共和国内地（香港、澳门、台湾除外）发布，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。若国元证券以外的金融机构或任何第三方机构发送本报告，则由该金融机构或第三方机构独自为此发送行为负责。本报告不构成国元证券向发送本报告的金融机构或第三方机构之客户提供的投资建议，国元证券及其员工亦不为上述金融机构或第三方机构之客户因使用本报告或报告载述的内容引起的直接或连带损失承担任何责任。本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的信息、资料、分析工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的投资建议或要约邀请。本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。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。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（如有必要）咨询独立投资顾问。在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有本报告中所提到的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投资银行业务服务或其他服务。

免责条款

本报告是为特定客户和其他专业人士提供的参考资料。文中所有内容均代表个人观点。本公司力求报告内容的准确可靠，但并不对报告内容及所引用资料的准确性和完整性作出任何承诺和保证。本公司不会承担因使用本报告而产生的法律责任。本报告版权归国元证券所有，未经授权不得复印、转发或向特定读者群以外的人士传阅，如需引用或转载本报告，务必与本公司研究所联系。 网址：www.gyzq.com.cn

国元证券研究所

合肥	上海
地址：安徽省合肥市梅山路18号安徽国际金融中心A座国元证券	地址：上海市浦东新区民生路1199号证大五道口广场16楼国元证券
邮编：230000	邮编：200135
传真：(0551) 62207952	传真：(021) 68869125
	电话：(021) 51097188