

纳睿雷达 (688522)

受益民用雷达市场多点扩容,国内相控阵雷达专家有望迎发展提速!

纳睿雷达:相控阵雷达“小巨人”,提供全价值链解决方案

纳睿雷达是国内领先的全极化有源相控阵雷达系统方案供应商,主要产品为X波段双极化(双偏振)有源相控阵雷达及配套软硬件产品,主要应用于气象探测领域,并向水利防洪、民用航空、海洋监测、公共安全监测等领域进行市场化推广。公司长期专注于相控阵雷达领域,已成为集相控阵雷达设计制造、雷达软件生态和雷达算法服务于一体的“全价值链”雷达系统解决方案提供商。同时,作为国内首个超高时空分辨率X波段双极化有源相控阵雷达天气观测网的组建单位,公司的相控阵雷达系统产品研究及其应用被中国雷达行业协会鉴定为“国际先进水平”,X波段双极化有源相控阵雷达于2018-2021年度在国内同类型产品的累计中标数量排名第一,于2022年获工信部认定为国家级专精特新“小巨人”企业。2023Q1-3,公司实现营收1.13亿元,同比+19.33%,归母净利润0.33亿元,同比-7.81%。

相控阵雷达渐成主流体制,民用市场空间多点扩容

技术端:相控阵雷达具备波束捷变等优势,正加速对机械式雷达应用替代,并在技术层面呈现有源替代无源、X波段互补S/C波段、单偏振向双偏振升级等发展特征;此外,协同组网观测趋势有望显著扩大X波段双偏振有源相控阵雷达在气象等领域的应用数量。

需求端:现阶段相控阵雷达主要应用于军用领域,国产相控阵技术研发及T/R组件成本降低正加速民用市场发展。下游气象部门补盲需求增加、水利监测由地面定点向“天空”采集过渡、民航空管雷达国产替代推进等,正多点驱动相控阵雷达民用市场空间扩容。我们测算,仅国内气象领域的X波段相控阵雷达需求空间达1045台,硬件市场空间超78亿元。

公司竞争优势:先发及降本优势突出,气象+水利+民航+车载多元拓展

1) **技术优势:**公司基于微带贴片阵列天线等核心技术,自研的X波段双极化相控阵雷达具备高时空分辨率特征,相关技术指标优于可比产品;2) **成本优势:**COTS模式+核心模块自研+材料国产化,公司低成本产业化优势凸显,盈利能力显著高于同行可比公司;3) **先发优势:**率先在气象领域推动相控阵雷达产业化,积极拓展水利、民航空管、海事等新应用领域,并于2023年11月全球首发C波段微带贴片天线双极化相控阵天气雷达,建立产品研制、市场开拓先发优势;4) **新增长点:**前瞻研制77GHz车载毫米波雷达,跻身智能驾驶高景气赛道,有望形成新的业绩增长点。

投资建议:我们预计公司2023-2025年的营收分别为3.00/6.35/11.49亿元,归母净利润1.32/3.04/5.71亿元,当前股价对应PE为60.7/26.4/14.1x。看好公司的低成本产业化能力、在民用相控阵雷达市场的先发优势等,给予2024年40倍PE,对应目标价78.6元,首次覆盖,给予“买入”评级。

风险提示:原材料价格波动风险,行业竞争加剧风险,技术研发风险,经营风险,应收账款风险,政府补助变化风险。

财务数据和估值	2021	2022	2023E	2024E	2025E
营业收入(百万元)	183.03	210.01	300.02	634.96	1,149.16
增长率(%)	39.41	14.74	42.86	111.64	80.98
EBITDA(百万元)	137.10	155.00	168.85	364.29	675.44
归属母公司净利润(百万元)	96.62	105.95	132.41	304.05	571.09
增长率(%)	45.09	9.66	24.97	129.63	87.82
EPS(元/股)	0.62	0.69	0.86	1.97	3.69
市盈率(P/E)	83.13	75.81	60.66	26.42	14.06
市净率(P/B)	18.33	14.69	11.85	9.02	6.22
市销率(P/S)	43.88	38.25	26.77	12.65	6.99
EV/EBITDA	0.00	0.00	45.70	23.05	12.45

资料来源:wind,天风证券研究所

投资评级

行业	国防军工/军工电子 II
6个月评级	买入(首次评级)
当前价格	51.93元
目标价格	78.6元

基本数据

A股总股本(百万股)	154.67
流通A股股本(百万股)	37.38
A股总市值(百万元)	8,031.85
流通A股市值(百万元)	1,941.22
每股净资产(元)	13.96
资产负债率(%)	5.61
一年内最高/最低(元)	82.60/42.70

作者

吴立	分析师
SAC执业证书编号:S1110517010002	
wuli1@tfzq.com	
王泽宇	分析师
SAC执业证书编号:S1110523070002	
wangzeyu@tfzq.com	
林毓鑫	联系人
linyuxin@tfzq.com	

股价走势



资料来源:聚源数据

相关报告

内容目录

1. 纳睿雷达：国内相控阵雷达专家，提供全价值链解决方案.....	5
1.1. 相控阵雷达“软件+硬件”一体化，提供全价值链系统解决方案.....	5
1.2. 公司股权结构稳定，控制权相对集中.....	7
1.3. 新市场开拓驱动业绩高增，核心技术自研维持高毛利率.....	7
2. 相控阵雷达渐成主流路径，民用市场空间多点扩容.....	9
2.1. 雷达技术迭代加速，相控阵雷达应运而生.....	9
2.2. 探测补盲需求加速 X 波段应用，有源相控阵成雷达技术主流.....	10
2.2.1. 相控阵雷达从无源向有源升级，应用领域由军用向民用转移.....	10
2.2.2. X 波段与相控阵技术结合，可有效弥补近地层探测盲区.....	12
2.2.3. 双偏振为相控阵雷达新技术方向，可显著提高雷达扫描时间分辨率.....	13
2.3. 下游需求：降本趋势加速民用需求释放，“气象+水利+民航”多点开花.....	14
2.3.1. 军用国防：相控阵雷达主要应用领域，国防信息化建设加速需求扩容.....	15
2.3.2. 气象领域：技术升级+补盲需求双轮驱动，加速 X 波段相控阵雷达应用渗透.....	17
2.3.3. 水利领域：雨水情监测预报“第一道防线”，水利测雨雷达潜在空间可观.....	20
2.3.4. 民航空管：空管雷达国产替代进行时，低空监视拓展相控阵新应用.....	22
3. 纳睿雷达：先发及降本优势突出，气象+水利+民航+车载多元拓展.....	23
3.1. 自研核心技术，打造产品硬实力.....	23
3.2. 雷达核心组件自研设计，加速推进低成本产业化.....	25
3.3. 建立民用相控阵雷达先发优势，向水利、海事、军工多元拓展.....	26
3.4. 在研 77GHz 车载毫米波雷达，布局智能驾驶第二增长曲线.....	28
4. 盈利预测与估值.....	29
5. 风险提示.....	30

图表目录

图 1：纳睿雷达的主要发展历程.....	5
图 2：纳睿雷达的股权结构（截至 2023.09.30）.....	7
图 3：纳睿雷达的营业收入保持持续增长（百万元）.....	8
图 4：纳睿雷达的归母净利润呈现增长态势（百万元）.....	8
图 5：纳睿雷达的毛利率水平保持在 80%左右.....	8
图 6：纳睿雷达的分业务收入结构（%）.....	8
图 7：纳睿雷达的各项期间费用率保持相对平稳（%）.....	9
图 8：全球雷达的技术体制向有源相控阵迭代.....	9
图 9：传统机械扫描雷达.....	10
图 10：相控阵雷达.....	10
图 11：相控阵雷达系统的主要结构示意图.....	11

图 12: 有源/无源相控阵雷达的主要区别在于收发组件结构不同	11
图 13: 2010-2019 年全球有源相控阵雷达的产量占比 14.2%	11
图 14: 2010-2019 年全球有源相控阵雷达的销售额占比 25.7%	11
图 15: 数字阵列雷达的基本架构	12
图 16: 数字阵列技术可促进有源相控阵雷达技术发展	12
图 17: 气象雷达的波段频谱主要集中在 S/C/X 波段	12
图 18: X 波段相控阵雷达组网观测可有效弥补探测盲区	13
图 19: 双偏振雷达的工作原理	14
图 20: 双偏振雷达在降水估测、相态识别方面更具优势	14
图 21: 2022 年中国有源相控阵雷达的民用市场占比仅 17.3%	14
图 22: 2022 年中国全部雷达整体的民用市场占比为 40%	14
图 23: TR 组件在有源相控阵天线模块中的成本占比最高	15
图 24: 有源相控阵 T/R 组件的集成结构向“瓦片式”发展	15
图 25: 2021 年全球军用雷达市场规模 1361.7 亿元 (亿元)	15
图 26: 2021 年中国军用雷达市场规模 392.2 亿元 (亿元)	15
图 27: 2022 年全球军事费用支出创历史新高 (十亿美元)	16
图 28: 全球防空系统/探测设备转让价值呈高速增长 (百万 TIV)	16
图 29: 中国的国防支出向武器装备领域倾斜 (亿元)	17
图 30: 中国的国防支出预算持续增长 (亿元)	17
图 31: 中国的天气雷达观测业务站点数 (个)	17
图 32: 中国新一代天气雷达近地面 1 公里覆盖范围 (2016 年)	18
图 33: 中国新一代天气雷达近地面 2 公里覆盖范围 (2016 年)	18
图 34: 2025 年中国的新一代天气雷达预计超 280 个	18
图 35: S 波段雷达对中小尺度天气系统存在探测盲区	18
图 36: 厄尔尼诺期间的大气海洋环流发生逆转	20
图 37: 厄尔尼诺增加我国降水分布的不确定性	20
图 38: 雨量计难以反映全流域的降水空间分布	20
图 39: 雷达反演降雨与地面降雨观测结果对比	20
图 40: 测雨雷达系统是雨水情监测预报的第一道防线	21
图 41: 中国各流域面积的河流数量 (条)	21
图 42: 纳睿有源相控阵雷达在航空领域的应用解决方案	22
图 43: 中国规划至 2025 年建成境内民用运输机场 320 个	23
图 44: 2025 年全国民用运输机场布局规划分布图	23
图 45: 2018-2022 年中国的无人机注册数量 (万部)	23
图 46: 中国的无人机拥有者注册用户数&有效驾驶证执照数	23
图 47: 纳睿雷达的相控阵雷达产品涉及多学科、多专业技术集合	24
图 48: 2022 年纳睿雷达的技术人员数量占比 54.41% (%)	24
图 49: 纳睿雷达的新技术储备 (截至 2023.02.24)	24
图 50: 纳睿雷达的技术先进性	25
图 51: 纳睿雷达的雷达整机结构拆解	26
图 52: 纳睿雷达的单位成本低于同行可比产品 (截至 2021.10)	26

图 53: 纳睿雷达 vs 国博电子的 T/R 组件单位成本 (元)	26
图 54: 纳睿雷达的毛利率水平显著高于同行可比公司 (%)	26
图 55: 纳睿雷达基于气象雷达的智能超精细化短时临近预报预警系统	27
图 56: 纳睿雷达全球首发 C 波段双偏振相控阵天气雷达	27
图 57: 纳睿雷达的 mmwr001 双极化毫米波雷达产品	28
图 58: 纳睿雷达 mmwr001 双极化毫米波雷达的技术参数	28
图 59: 中国的车载毫米波雷达市场规模高速增长 (亿元)	29
图 60: 中国的 77GHz 毫米波雷达出货量已超 24GHz (万颗)	29
表 1: 纳睿雷达的相控阵雷达设备	6
表 2: 纳睿雷达的雷达软件体系	6
表 3: 相控阵雷达的技术特征与性能优点	10
表 4: S/C/X 波段气象雷达的主要参数及应用对比	12
表 5: 有源相控阵雷达的军事应用场景丰富	15
表 6: 气象雷达相关政策梳理	19
表 7: 相控阵型水利测雨雷达已在多地试点应用	21
表 8: 2023 年增发万亿元国债的资金投向	21
表 9: 纳睿雷达与可比公司在类似产品上的关键技术指标对比	25
表 10: 纳睿雷达在水利、军工等新应用领域的外部合作	28
表 11: 77GHz 车载毫米波雷达较 24GHz 更具性能优势	29
表 12: 纳睿雷达的分业务盈利预测 (百万元)	29
表 13: 可比上市公司的 PE 估值 (截至 2023.12.08)	30

1. 纳睿雷达：国内相控阵雷达专家，提供全价值链解决方案

广东纳睿雷达科技股份有限公司（688522.SH）成立于2014年，于2023年3月在上交所科创板上市，是国内领先的全极化有源相控阵雷达系统方案供应商。公司产品主要为X波段双极化（双偏振）有源相控阵雷达及配套的软硬件产品，主要应用于气象探测领域，并向水利防洪、民用航空、海洋监测、森林防火、公共安全监测等领域进行市场化推广。作为国内首个超高时空分辨率的X波段双极化有源相控阵雷达天气观测网的组建单位，公司主营的相控阵雷达系统产品研究及其应用被中国雷达行业协会鉴定为“国际先进水平”，X波段双极化有源相控阵雷达于2018-2021年度在国内同类型产品中的累计中标数量排名第一，于2022年获工信部认定为国家级专精特新“小巨人”企业。

公司自成立以来长期专注于相控阵雷达整机及相关系统，已成为全球为数不多掌握从微带贴片阵列天线、射频前端、数字中频后端、信号处理、数据融合到雷达数据产品开发，集相控阵雷达设计制造、雷达软件生态和雷达算法服务于一体的“全价值链”雷达系统解决方案提供商。公司多次承担重大科研项目，自2019年进入快速发展期：

- 2015年，承担广东省重点高端外国专家项目；
- 2020年，在粤港澳大湾区组建国内首个超高时空分辨率的X波段双极化（双偏振）有源相控阵雷达天气观测网；
- 2022年，与珠海海事局合作共建全国首家全极化相控阵交通管制雷达应用联合创新中心；自主研发的AXPN0164型全极化数字有源相控阵岸海监视雷达系统在珠海唐家湾淇澳岛成功完成运行测试。

图 1：纳睿雷达的主要发展历程



资料来源：纳睿雷达招股说明书，纳睿雷达官网，天风证券研究所

1.1. 相控阵雷达“软件+硬件”一体化，提供全价值链系统解决方案

相控阵雷达“硬件+软件”一体化，具备全价值链系统解决方案能力。公司产品类型包括有源相控阵雷达设备、单机雷达配套软件、雷达组网协同观测软件，覆盖气象探测、水利监测、民用航空、森林防火、海洋监测、公共安全等应用领域：

- **雷达设备硬件：**公司自主研发的双极化有源相控阵雷达在物理结构上由元器件、模块、组件、部件逐级装配而成，技术构成上实现相控阵技术、极化技术相结合，可快速探测雷达周围天气目标，输出反射率、平均径向速度、速度谱宽、差分反射率、差分相移、差分相移率、相关系数等数据。以双极化相控阵天气雷达为例，其时间分辨率为30s，较传统天气雷达提升12倍；空间分辨率达30*30m，较传统天气雷达提升60倍，能够探测中小尺度天气系统精细化结构和生消演变的全过程。

表 1：纳睿雷达的相控阵雷达设备

产品型号	产品图示	功能应用
AXPT0364		<ul style="list-style-type: none"> AXPT0364 型双极化（双偏振）有源相控阵天气雷达系统 在局地对流单体、强度快速变化的线状对流系统监测中优势明显 有效解决雷雨大风、短时强降水、龙卷风等尺度小、生消快、致灾性强的低空快速变化天气系统探测的预警预报难题
AXPT0464		<ul style="list-style-type: none"> AXPT0464 型多功能双极化有源相控阵雷达 可同时获取探测空域的高时空分辨率气象信息、飞行目标信息 有效解决“民航、通航交通管制”、“低空慢小威胁飞行目标”等易受恶劣天气影响的精细化目标探测、管制、预警等精细化服务问题
AXPT0132		<ul style="list-style-type: none"> AXPT0132 型双极化（双偏振）数字有源相控阵雷达系统 集天气预警、积雨云与冰雹自动识别、人影作业及作业效果观测等功能于一体的智能化精细化车载人影作业系统 主要应用于重大活动天气保障、人工增雨、人工除雹等场景
AXPN0164		<ul style="list-style-type: none"> AXPN0164 型全极化有源相控阵雷达系统 可在强海杂波环境进行海浪监控，并对海面静止/运动目标进行识别与航迹跟踪 主要应用于港口导航、缉私、海况监测、海难救援等场景
DXPT0256		<ul style="list-style-type: none"> DXPT0256 型全极化多功能数字有源相控阵雷达系统 在一次体扫过程中同时实现气象探测、多场景多目标探测与跟踪功能 提供高时空分辨率全极化三位气象信息、独立于飞机自身设备以外的五维信息，显著提升对空中交通管制的监控能力
DCPT0128		<ul style="list-style-type: none"> DCPT0128 型全极化多功能数字有源相控阵雷达系统 在 400km 超大范围内实时对气象进行探测及多场景下对多目标进行探测与跟踪 应用于强对流、冰雹、龙卷等灾害天气监测，民航领域的远程预警、干线航班监测

资料来源：纳睿雷达官网，天风证券研究所

- **雷达软件生态：**公司建立了完整的雷达算法软件应用体系，能够为用户提供雷达控制、数据处理、产品生成、产品应用等全流程软件服务，实现“数据”、“算力”、“算法”三位一体的解决方案，响应用户多场景的雷达应用需求。公司雷达软件主要分为单机雷达配套软件、雷达组网协同观测软件两类，其中：1）单机雷达配套软件主要包括雷达控制软件、雷达数据产品生成软件、雷达数据分析软件；2）雷达组网协同观测软件是支持多台双极化相控阵天气雷达协同组网的系统，可有效增加探测覆盖区域，实现更大范围的天气监测，提升雷达重叠区域的数据密度和时间分辨率，并在多台雷达重叠区域实现真实三维风场反演，实现低空盲区、雷达静锥区互补，完成近地层空域无盲区探测覆盖。

表 2：纳睿雷达的雷达软件体系

软件类型	主要功能	软件界面
雷达控制软件	提供雷达的远程控制和状态监控，实现远程一键开关机、雷达参数配置、雷达工作模式设置、全局状态监控等功能	
雷达数据产品生成软件	用于对技术进行处理分析、生成雷达数据产品，软件包含了多种雷达产品算法，能根据用户需求生成多种雷达数据产品	

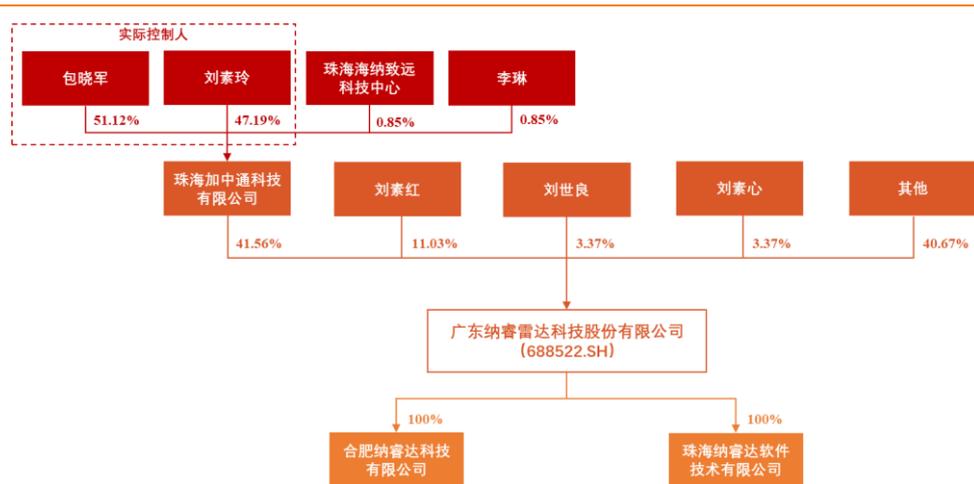
<p>雷达数据分析软件</p>	<p>用于协助用户对雷达基础数据进行解析，绘图以及分析，同时支持客户进行数据的二次开发、支持用户自研算法模块接入、产品解析，产品绘图、产品展示以及产品导出等功能</p>	
<p>组网协同观测软件</p>	<p>由多台双极化相控阵天气雷达，利用协同观测技术，实现雷达组网协同观测的系统。协同观测系统可以让多台雷达几乎同时扫过同一个区域，实现重点区域的超精细化监测，从而实现高精度的风暴三维风场的反演</p>	

资料来源：纳睿雷达 2022 年财报，天风证券研究所

1.2. 公司股权结构稳定，控制权相对集中

公司股权结构集中，包晓军、刘素玲为共同实际控制人。截至 2023 年 9 月 30 日，包晓军、刘素玲通过珠海加中通科技有限公司合计控制公司股权 41.56%，为公司的共同实际控制人；此外，包晓军、刘素玲、刘世良、刘素红、刘素心构成一致行动人关系，五人合计持有公司股权超 59%。其中，包晓军先生现任公司董事长，是公司核心技术人员之一，曾任美国雷神公司（加拿大）工程师、美国超威半导体公司工程师，现为中国气象局气象探测中心特聘专家、科学技术委员会委员。

图 2：纳睿雷达的股权结构（截至 2023.09.30）



资料来源：同花顺 iFinD，天风证券研究所

1.3. 新市场开拓驱动业绩高增，核心技术自研维持高毛利率

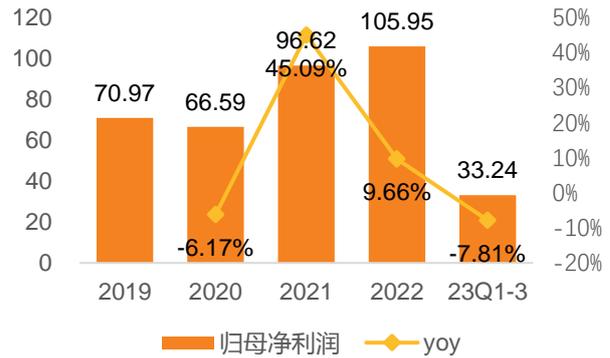
推进全国市场布局，驱动业绩持续增长。2019-2021 年公司实现营业收入 1.05/ 1.31/ 1.83 亿元，20、21 年同比分别+25.09%/ +39.41%；实现归母净利润 0.71/ 0.67/ 0.97 亿元，20、21 年同比分别-6.17%/ +45.09%，其中 2020 年归母净利润出现小幅下滑主要系原材料电子件、IT 设备的价格上涨所致。2022 年，公司实现营业收入 2.10 亿元，同比+14.74%，归母净利润 1.06 亿元，同比+9.66%，主要在于公司加大新市场、新产品的市场开拓力度，有源相控阵天气雷达产品在全国市场布局顺利推进。2023 年前三季度，公司实现营收 1.13 亿元，同比+19.33%，实现归母净利润 0.33 亿元，同比-7.81%。

图 3：纳睿雷达的营业收入保持持续增长（百万元）



资料来源：同花顺 iFinD、天风证券研究所

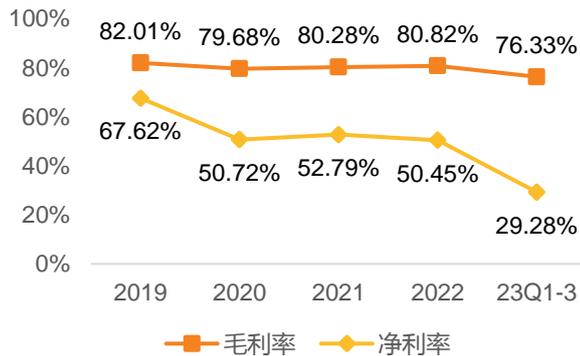
图 4：纳睿雷达的归母净利润呈现增长态势（百万元）



资料来源：同花顺 iFinD、天风证券研究所

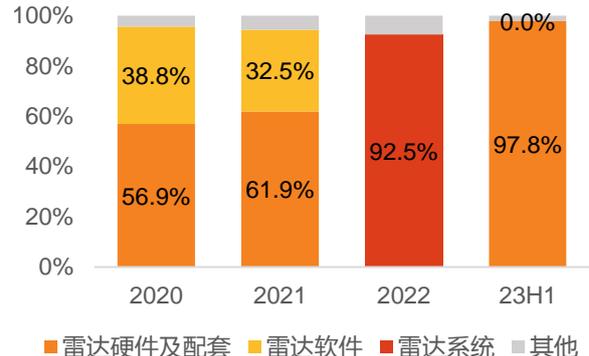
核心模块自研生产，保证毛利率维持高位。2019-2022 年，公司的毛利率分别为 82.01%/79.68%/80.28%/80.82%，其中雷达精细化探测系统产品是公司最大的毛利贡献来源。由于雷达软件的毛利率均为 100%，因此毛利率变动主要受雷达硬件及配套业务影响；**公司毛利率维持高位，主要在于硬件产品的核心模块、组件、部件均由自主设计和生产，可有效控制产品成本，具备低成本产业化优势。**2023 年前三季度，公司实现综合毛利率 76.33%，同比-2.90 pct，实现净利率 29.28%，同比-8.62 pct，主要受到客户结构影响，公司收入呈季节性波动且主要集中在第四季度确认，而人工成本、费用等在全年均衡持续支出。

图 5：纳睿雷达的毛利率水平保持在 80%左右



资料来源：同花顺 iFinD、天风证券研究所

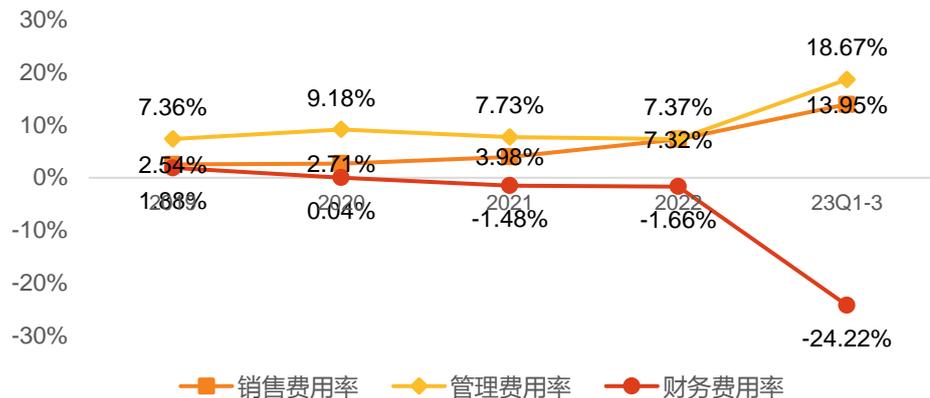
图 6：纳睿雷达的分业务收入结构 (%)



资料来源：同花顺 iFinD、天风证券研究所

销售/管理费用率保持基本稳定，财务费用率受益于资金管理大幅降低。2022 年，公司的销售/管理/财务费用率分别为 7.32%/7.37%/-1.66%，分别同比+3.34/-0.36/-0.18 pct。2023 年前三季度，公司的销售/管理/财务费用率分别为 13.95%/18.67%/-24.22%，分别同比+2.93/5.58/-21.34 pct；其中，财务费用率变动主要系公司收到首次公开发行股票募集资金，货币资金增加导致利息收入增加。

图 7：纳睿雷达的各项期间费用率保持相对平稳（%）



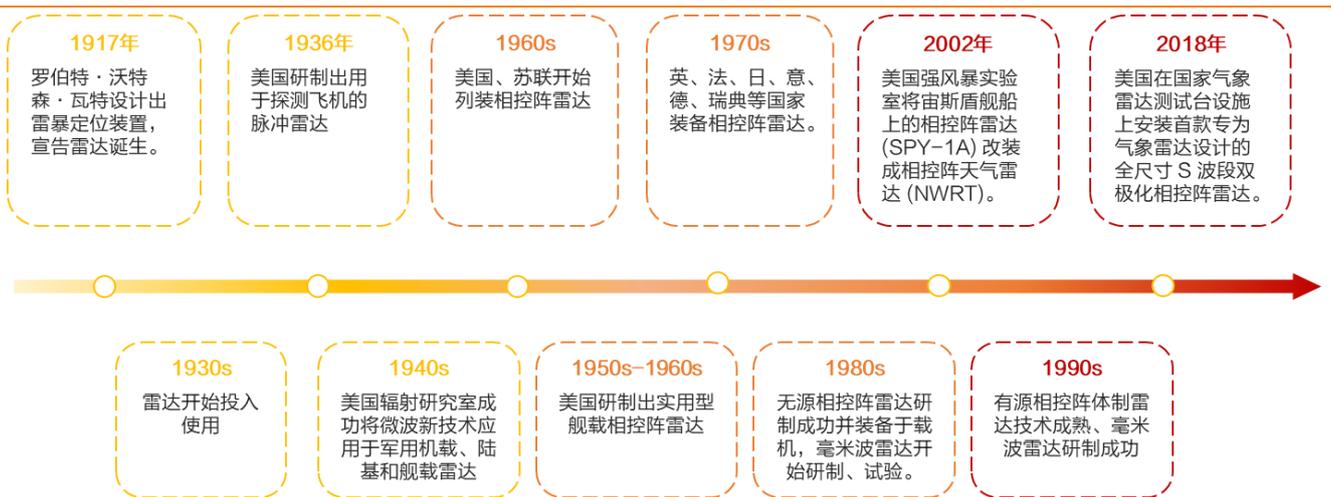
资料来源：同花顺 iFinD，天风证券研究所

2. 相控阵雷达渐成主流路径，民用市场空间多点扩容

2.1. 雷达技术迭代加速，相控阵雷达应运而生

雷达技术兴起至今逾百年，逐步向多功能、数字化方向升级。雷达的基本概念形成于 20 世纪初，自 20 世纪 30 年代正式开始投入使用；1936 年，英国在索夫克海岸架设第一台雷达站“Chain Home”；1939 年，英国发明出大功率磁控管，推动雷达进入微波频段；20 世纪 50 年代，美国研制出实用型舰载相控阵雷达，并列装 F-22、F-35 战斗机。自 20 世纪 60 年代，全固态电扫相控阵雷达成为新一代雷达的技术方向，后逐渐由无源相控阵雷达转向有源相控阵雷达。在民用领域，美国早于 2002 年将宙斯盾舰载相控阵雷达 SPY-1A 改装成天气雷达 NWRT，并于 2006 年启动多功能有源相控阵雷达研究计划，在 2018 年成功安装首款从头构建的全尺寸 S 波段双极化相控阵气象雷达。总体而言，雷达技术主要围绕复杂环境适应性、目标信息获取能力两大方向发展；现阶段固态有源相控阵已成为主流体制，并正向数字阵列雷达过渡。

图 8：全球雷达的技术体制向有源相控阵迭代



资料来源：纳睿雷达招股说明书，战略前沿技术公众号，华穗科技公众号，江苏省科技装备业商会公众号，天风证券研究所

相控阵雷达具备波束捷变等优势，加速对机械式雷达应用替代。相控阵雷达指相位控制电子扫描阵列雷达，由大量相同的独立辐射单元组成雷达面阵，并通过移相器单独控制各个辐射单元的相位和幅度，可快速而精确地改变辐射方向和波束指向，具备波束捷变能力。21 世纪初，我国雷达应用主要以机械扫描雷达为主，其集中一个位置发射信号波，通过机械转动装置控制天线指向；但机械转动效率低，探测区域和目标有限，且抗干扰能力、对高速移动目标跟踪能力较差，难以适应日趋复杂的电磁场发展方向。相较于机械式雷达，相控阵雷达具备空间功率合成、快速扫描、波束赋形、多目标追踪、高可靠性等优点，现

阶段主要应用于军事领域，正加速对传统机械雷达在民用领域的应用替代。

图 9：传统机械扫描雷达



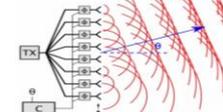
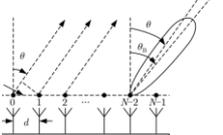
资料来源：铖昌科技招股说明书，天风证券研究所

图 10：相控阵雷达



资料来源：铖昌科技招股说明书，天风证券研究所

表 3：相控阵雷达的技术特征与性能优点

技术特征	特征描述	性能优点	图示
天线波束快速扫描	以电子控制方式实现天线波束快速转换，克服机械扫描天线的指向惯性	高机动性（缩短目标信号检测、传递等时间）	
天线波束形状捷变	可快速改变天线波瓣宽度、天线副瓣电平、天线波束零点位置等	抗干扰性（控制主瓣增益，自适应旁瓣抑制）	
空间功率合成能力	基于移相器进行相位变换，将各单元通道的发射信号聚焦于某一空间方向	高可靠性（少量组件失效仍可正常工作）	
多波束形成能力	相控阵天线由多个分散布置的天线单元构成，易于形成多个天线波束	多功能、多目标（可同时探测或跟踪多个目标）	

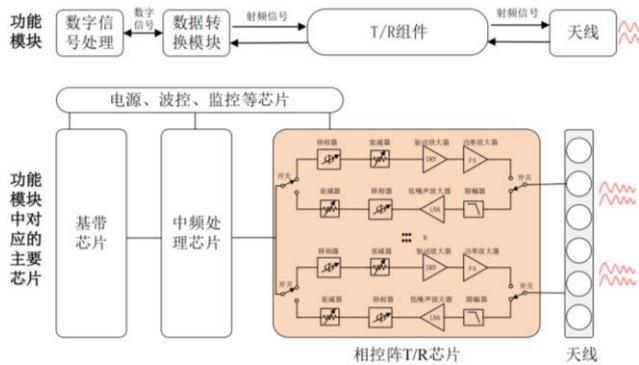
资料来源：纳睿雷达招股说明书，朗普达公众号，雷达学报，力学科普公众号，RFsister 创客射频空间公众号，EETOP 公众号，天风证券研究所

2.2. 探测补盲需求加速 X 波段应用，有源相控阵成雷达技术主流

2.2.1. 相控阵雷达从无源向有源升级，应用领域由军用向民用转移

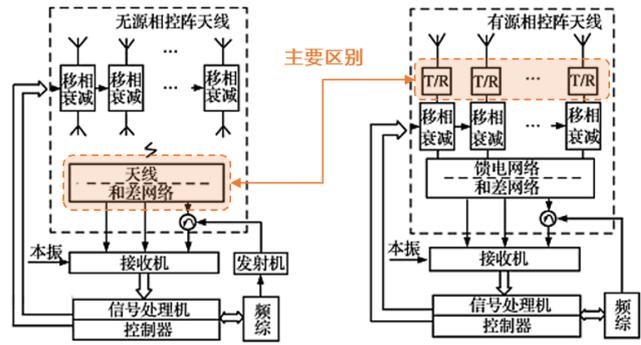
有源相控阵雷达渐成主流，逐步替代无源相控阵雷达。相控阵雷达主要由天线阵面、GPS 授时系统、信号处理机、制冷系统等组成；其中，**天线阵面是雷达的核心部分**，内部装有天线、馈线、T/R 组件等设备。根据 T/R 组件的区别，相控阵雷达分为无源相控阵和有源相控阵；其中，无源相控阵雷达仅有 1 个中央发射机和 1 个接收机，发射机产生的高频能量经波控系统分配给天线阵各个辐射单元，目标发射信号经接收机统一放大。而有源相控阵雷达的每个辐射单元都装配有 T/R 组件，各 T/R 组件均含有移相器、功率放大器、可变衰减器等，可独立发射、接收电磁波；由于单个 T/R 组件均相当于一部小型化机械雷达，故有源相控阵雷达也可视作由若干小型雷达组成的雷达集群。有源相控阵雷达可在减少馈线分配损耗的同时降低雷达整机的工作故障率，在可靠性和效率方面均优于无源相控阵雷达。有源相控阵雷达正逐步取代无源相控阵雷达，成为雷达的主要形式。

图 11：相控阵雷达系统的主要结构示意图



资料来源：铖昌科技招股说明书，天风证券研究所

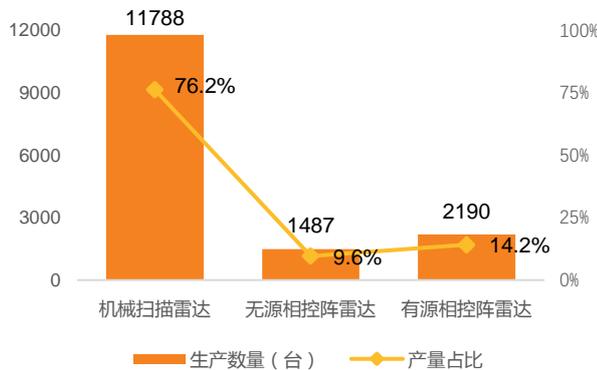
图 12：有源/无源相控阵雷达的主要区别在于收发组件结构不同



资料来源：《毫米波相控阵天线雷达导引头技术研究》刘博等，前瞻产业研究院，天风证券研究所

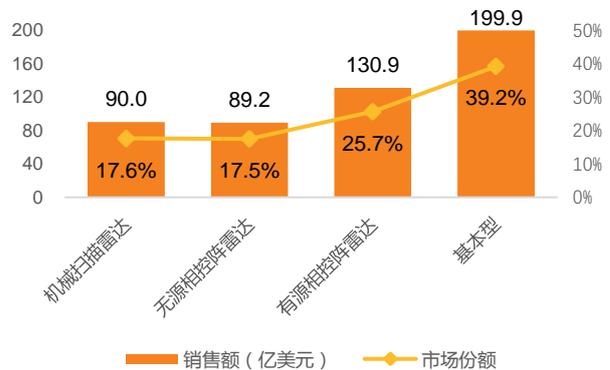
有源相控阵雷达为现阶段主流体制，未来民用市场替代空间可观。相控阵雷达自 20 世纪 60 年代开始替代传统机械扫描雷达，并自 70 年代开始被大量投入使用，期间经历了从无源相控阵向有源相控阵的技术迭代。Forecast International 数据显示，2010-2019 年，有源相控阵雷达占雷达年产值的比例已由 20% 增至 68%，而无源相控阵雷达的年产值占比则由 49% 下降至 6%；2010-2019 年全球有源相控阵雷达合计产量 2190 台，占全球雷达总产量 14.16%，累计销售额 131 亿美元，市场份额为 25.68%。现阶段各国新研制的雷达大多数为有源相控阵雷达；我们认为，以有源相控阵雷达为代表的高性能雷达是现代雷达的发展趋势，但现阶段市场规模相对仍较小，未来应用替代空间可观。

图 13：2010-2019 年全球有源相控阵雷达的产量占比 14.2%



资料来源：铖昌科技招股说明书，天风证券研究所

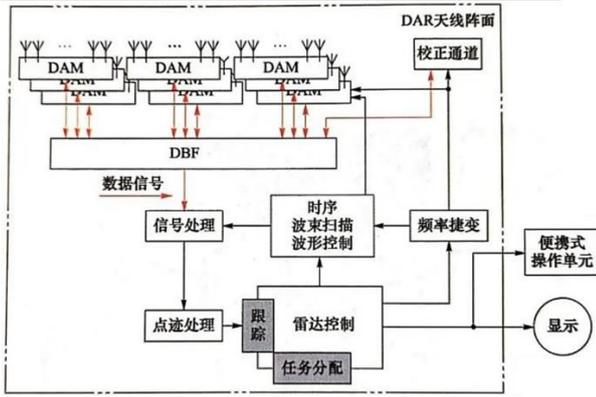
图 14：2010-2019 年全球有源相控阵雷达的销售额占比 25.7%



资料来源：铖昌科技招股说明书，天风证券研究所

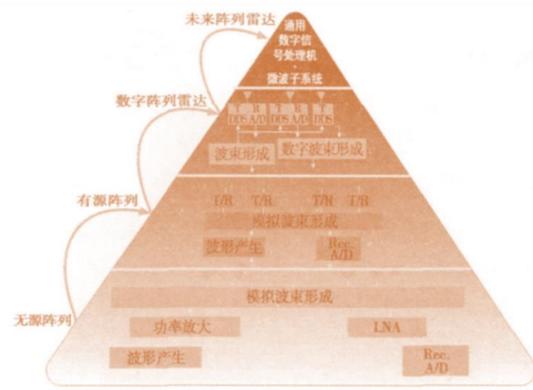
下一代数字阵列雷达亦进入研究阶段，推动现阶段有源相控阵技术进步。随着半导体器件发展，有源相控阵雷达的接收/发射均应用了 DBF 技术，推动数字阵列雷达概念提出。相较于移相在射频域实现的有源相控阵雷达，其幅度、相位的控制经由模拟器件实现，而数字阵列雷达的移相则在数字域实现，波束调度灵活性、抗有源干扰性、对杂波抑制性能更佳。现阶段数字阵列雷达尚处于研究试验阶段，并带动了先进微波子系统发展，或将促进相控阵雷达向更高频段应用领域扩展。

图 15：数字阵列雷达的基本架构



资料来源：雷达学报公众号，天风证券研究所

图 16：数字阵列技术可促进有源相控阵雷达技术发展

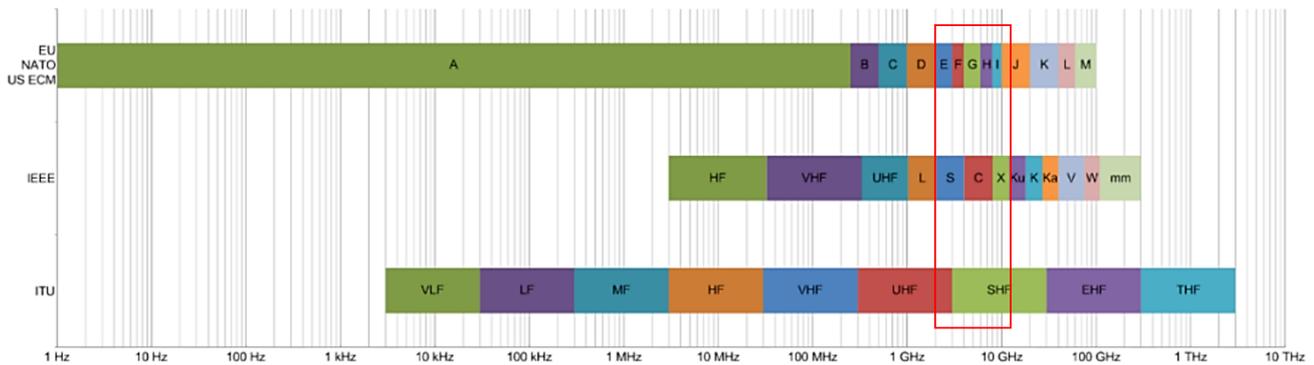


资料来源：《数字阵列雷达的发展与构想》吴曼青，天风证券研究所

2.2.2. X 波段与相控阵技术结合，可有效弥补近地层探测盲区

X 波段可有效弥补近地层探测盲区，是新一代天气雷达网的重要补充。根据电磁波段长短划分，气象雷达主要包括 S/C/X 波段雷达；其中，S/C 波段雷达的波长范围在 37.5-150 mm，探测半径距离在 400 千米以上；X 波段雷达对应频率在 8-12GHz，波长范围在 24.0-37.5 mm，探测距离在 100 千米以内，可应用于火控、警戒、跟踪、制导、气象等多元领域。雷达的波段越长，则搜索范围越大，但精确度会相对降低；而 X 波段雷达扫描距离相对较短、雷达天线较小，侧重于局部区域的精细化监测和精准预警，可弥补 S/C 波段天气雷达在近地层的探测盲区，在气象领域常用作对强对流天气系统的补充观测。

图 17：气象雷达的波段频谱主要集中在 S/C/X 波段



资料来源：简仪科技公众号，天风证券研究所

表 4：S/C/X 波段气象雷达的主要参数及应用对比

波段	频率	波长	探测半径	应用部署
S 波段	2~4 GHz	75~150 mm	可达 460Km	国内业务雷达主力，布设在大部分地区
C 波段	4~8 GHz	37.5~75 mm	大于 400Km	受降水衰减影响，主要布设在降水较少的中西部地区
X 波段	9~12 GHz	24~37.5 mm	100Km 以内	新一代天气雷达网的补充

资料来源：建水气象服务公众号，纳睿雷达招股说明书，天风证券研究所

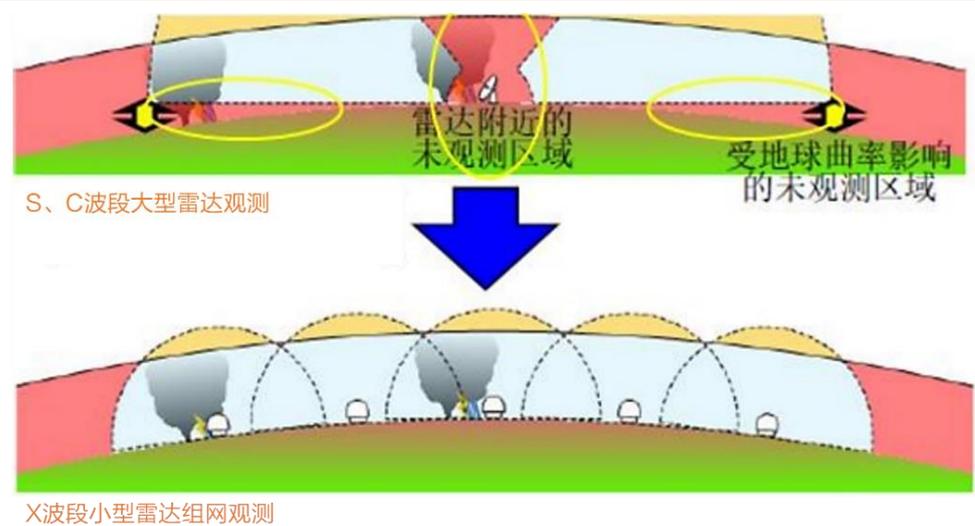
X 波段与相控阵雷达有机结合，有效发挥组网协同观测优势。相较于波长较长的偏振雷达，X 波段双偏振天气雷达具备造价低、体积小、易操控移动、高时空分辨率等特点：

- **波长短**：波长越短，小粒子探测能力越强，X 波段对云中水凝物粒子相态识别更加精细，能提供更细致的云中微物理及动力结构信息，可监测早期对流云的发展；

- **体积小**：在相同波束宽度下雷达天线体积与波长成正比，S/C 波段天线直径高达 5-8 米，而 X 波段雷达天线尺寸小，站点建设、雷达架设更便捷；
- **X 波段与相控阵雷达有效结合**，其波束转换更灵活，有效提高扫描速度，在单位时间内可获得时空分辨率更密集的扫描资料，有利于对小尺度、生消变化快、致灾性大、灾害性强等强对流天气的探测预警。

为提高对中小尺度灾害性天气的研究及预警能力，发挥多部雷达在联合监测天气领域的作用，现阶段相控阵雷达亦呈现出组网协同观测趋势。利用多部 X 波段雷达实现在超大城市的组网协同观测，可有效弥补 S/C 波段大型雷达由于机械扫描方式造成的静锥区盲区及受地球曲率影响导致的观测盲区，实现全方位、立体化、高时效、精细化观测回波。2003 年，美国 CASA 计划提出短程雷达近距离布设、协同观测概念，现阶段中国亦积极开展多雷达协同的试验观测和布网实践。我们认为，协同组网观测趋势将扩大提升 X 波段相控阵雷达在气象领域的应用数量。

图 18：X 波段相控阵雷达组网观测可有效弥补探测盲区



资料来源：纳睿雷达招股说明书，天风证券研究所

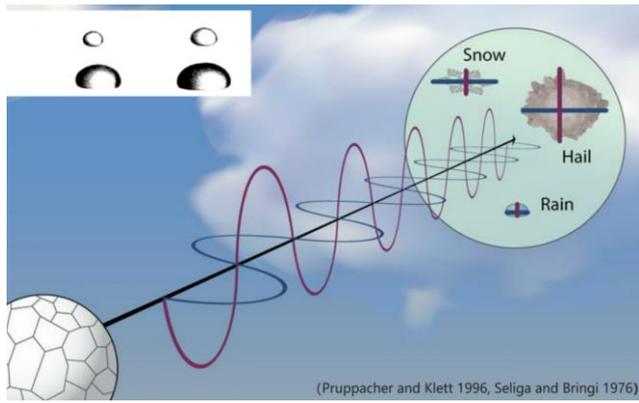
2.2.3. 双偏振为相控阵雷达新技术方向，可显著提高雷达扫描时间分辨率

极化(偏振)是描述电磁波的矢量特征，指电场方向在传播截面上随时间变化的轨迹特性，改变雷达发射天线的极化方向即可改变电磁波的极化方式；其中，水平极化、垂直极化是线极化的两个方向。

- **单偏振体制**：仅发射一个极化方向的电磁波，无法进一步分析降水粒子的形状、相态，不易根据散射能力区分雨滴、冰雹、雪等不同相态的降水粒子，在定量降水估测、冰雹识别等存在一定局限性；
- **双偏振体制**：在常规雷达的水平极化基础上增加垂直极化通道，结合水平、垂直两个通道回波信号的细微差异以识别探测目标物特征。相较于单偏振雷达，双偏振雷达不仅可获得强度、速度参数，还可得到两个通道的差分反射率因子、相位差、差传播相移率、退极化偏振比等信息，优化在降水估测、相态识别等方面的效果。

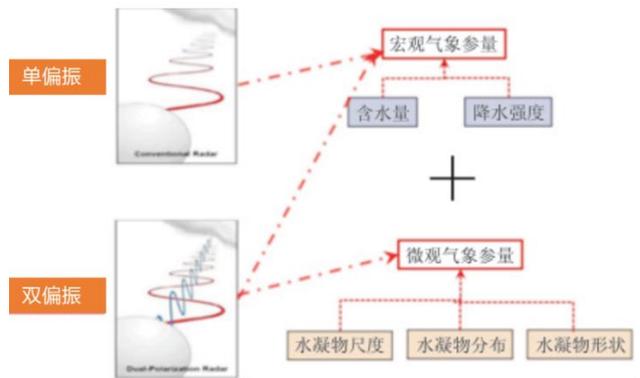
由于不同极化特征在复杂云雨雾自然条件下的传输情况不同，我们认为在某些气象条件下单偏振已不适用于复杂环境气候测量，而采取全极化技术的双偏振有源相控阵雷达可强化精细化探测能力。

图 19：双偏振雷达的工作原理



资料来源：中国气象局雷达气象重点开放实验室，天风证券研究所

图 20：双偏振雷达在降水估测、相态识别方面更具优势



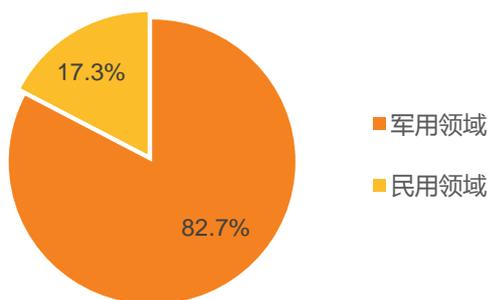
资料来源：《机载气象雷达发展趋势分析》陈娟，天风证券研究所

2.3. 下游需求：降本趋势加速民用需求释放，“气象+水利+民航”多点开花

相控阵雷达当前主要应用于军事领域，民用领域尚处于起步阶段。相控阵雷达在军用领域包括实时监测、情报获取、远程精准打击等应用，覆盖机载、舰载、星载等形式；在民用领域则包括气象、水利、航空等。

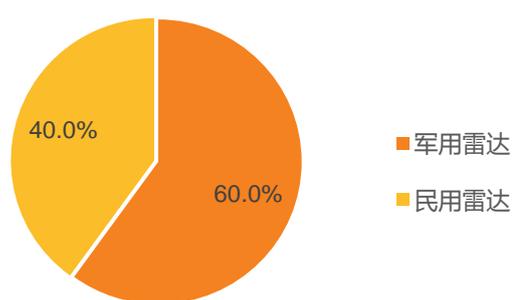
- **军事用途是相控阵雷达的主要应用领域。**相控阵雷达最初基于军事需求而研制，主要目的在于实现对洲际导弹的预警；现阶段军用雷达已广泛采用相控阵技术，几乎所有的陆基、海基、空基、天基武器平台均已装备相控阵雷达。其中，在已装备和在研制的新一代中、远程防空导弹武器系统中，大多已采用多功能相控阵雷达，**相控阵雷达成为第三代中、远程防空导弹武器系统的重要标志。**
- **民用领域的相控阵雷达应用处于起步阶段。**由于在各类天气现象的快速识别方面独具优势，相控阵雷达受到大多数国家、世界气象组织等的高度重视。其中，美国率先将多功能相控阵雷达试验应用于气象监视领域，并提出用多功能相控阵雷达替代老化的国家空中交通监视雷达；同时美国国家大气和海洋管理局、美国联邦航空管理局正合作进行多功能相控阵雷达研制，**重点在于降低成本和发展双极化能力。**

图 21：2022 年中国有源相控阵雷达的民用市场占比仅 17.3%



资料来源：新思界网，天风证券研究所

图 22：2022 年中国全部雷达整体的民用市场占比为 40%



资料来源：亿渡数据公众号，天风证券研究所

T/R 组件等制造成本下降，有望加速相控阵雷达民用市场培育壮大。相较于军用领域，民用相控阵雷达发展相对缓慢，主要在于高昂的造价限制了其市场化应用。根据新思界数据，2022 年国内有源相控阵雷达的军用/民用市场规模占比分别约为 82.7%/17.3%；有源相控阵雷达的民用比例显著低于同期雷达整体的民用比例。

从成本结构看，T/R 组件是相控阵雷达成本的最主要构成，占整个雷达造价的 60%；其中，**氮化镓（GaN）是新一代相控阵 T/R 组件的重要原材料。**随着中国的氮化镓产业链逐渐扩张，氮化镓的价格亦呈现下降趋势，有望推动 T/R 组件造价降低；2017 年 11 月，英诺赛科（珠海）科技有限公司成功解决高温环境下氮化镓薄膜冷却时易破裂的问题，推动中国

首条 8 英寸级硅基氮化镓生产线成功投产。2019 年，中电科 13 所、55 所联合推出新一代射频芯片项目，促使国产氮化镓技术趋于成熟。此外，T/R 组件的产品结构亦从“砖块式”转向“瓦片式”，可减少印制电路板、连接器的使用数量，在规模化制造和封装工艺助力下可使生产成本进一步降低 20%左右。我们认为，随着国产相控阵技术研究推进和 T/R 组件生产成本降低，有望加速相控阵雷达向市场化、业务化方向发展。

图 23：TR 组件在有源相控阵天线模块中的成本占比最高

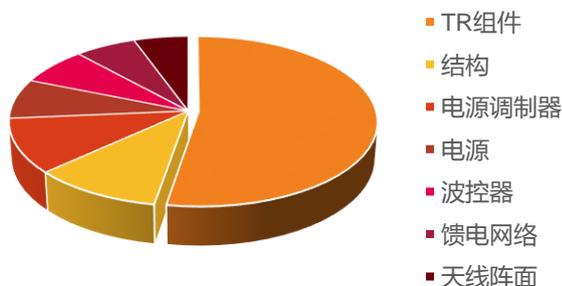
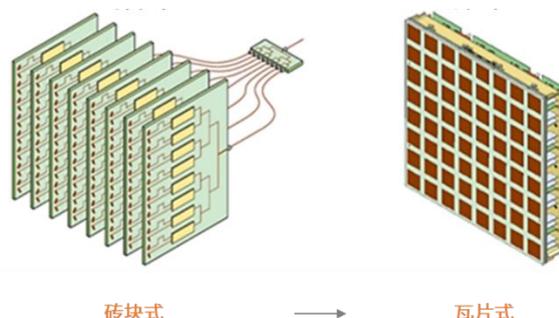


图 24：有源相控阵 T/R 组件的集成结构向“瓦片式”发展



资料来源：《低成本有源相控阵天线研究》何庆强，天风证券研究所

资料来源：《高码率全程天基测控关键技术研究》王洋等，天风证券研究所

2.3.1. 军用国防：相控阵雷达主要应用领域，国防信息化建设加速需求扩容

军方为雷达主要用户，相控阵是军用雷达主流。军用雷达是获取陆海空天战场全天候、大范围战术情报最主要的手段，在国防军事领域具有重要的战略地位，广泛应用于侦查、警戒、引导、武器控制和航行保障等领域。根据亿渡数据，2021 年全球军用雷达市场规模 1361.7 亿元，占全球雷达总市场的 61.0%；中国军用雷达市场规模 392.2 亿元，占国内雷达市场的 61.0%。其中，有源相控阵雷达具备快速扫描、多目标跟踪、高可靠性等优势，已广泛应用于机载、舰载、车载、星载和地面雷达等领域，是军用雷达的主流趋势，需求空间广阔。

图 25：2021 年全球军用雷达市场规模 1361.7 亿元（亿元）



图 26：2021 年中国军用雷达市场规模 392.2 亿元（亿元）



资料来源：Grandview，亿渡数据公众号，天风证券研究所

资料来源：亿渡数据公众号，天风证券研究所

表 5：有源相控阵雷达的军事应用场景丰富

应用领域	应用介绍	应用案例	相关图片
陆基雷达	<ul style="list-style-type: none"> 多功能相控阵雷达已广泛应用于地面远程预警系统等场景 	<ul style="list-style-type: none"> 美国：AN/FPS-115 	
弹载雷达	<ul style="list-style-type: none"> 导引头决定精确制导武器的升级方向，现阶段雷达导引头正向有源相控阵体制迭代 	<ul style="list-style-type: none"> 中国：FD-2000 导弹 	

机载雷达	<ul style="list-style-type: none"> 中国军机更新换代，机载雷达从机械扫描制式向有源相控阵制式升级；Flight global 数据显示，2021 年中国现役军机数量 3285 架 	<ul style="list-style-type: none"> 中国：歼-10C、歼-16、歼-20、歼-35 	
舰载雷达	<ul style="list-style-type: none"> 中国海岸线长，制海权监护需求推动军舰装备多功能相控阵雷达；052C 型驱逐舰是中国海军首款安装四面有源主动相控阵雷达的战舰 	<ul style="list-style-type: none"> 中国：052C 型驱逐舰 	
车载雷达	<ul style="list-style-type: none"> 雷达向防空与反导结合模式发展，机动性成下一代关注重点 	<ul style="list-style-type: none"> 中国：YLC-16 型警戒雷达 	
星载雷达	<ul style="list-style-type: none"> 相控阵雷达是构建卫星组网和星间链路的核心器件 	<ul style="list-style-type: none"> Space X 的 Starlink 系列卫星 	

资料来源：国博电子招股说明书，雷电微力招股说明书，铖昌科技招股说明书，立鼎产业研究院，大连义邦网，中科太赫兹、中国电科第十四研究所、中国航天科工、军鹰动态公众号，天风证券研究所

国际军事开支活跃，雷达作为核心军贸品种保持高景气。随着全球政治环境复杂化，影响全球军事安全的不稳定因素增多，各国正不断加强国防安全建设，推动全球军事开支持续增长。根据斯德哥尔摩国际和平研究所数据，2015-2022 年全球军费连续 8 年保持正增长，其中 2022 年全球军费支出合计 2.24 万亿美元，同比增长 6.45%，**俄乌战争是主要驱动因素**。同时，局部战争和地区冲突使得国际军贸竞争日趋激烈，2011-2020 年全球导弹武器总交易量达 21.54 万枚；在此背景下，全球防空系统及军用探测设备需求亦呈现高速增长，2022 年全球防空系统/探测设备的转让价值分别为 13.94/ 13.72 亿 TIV，同比增长 98.04%/ 45.96%，二者增速仅次于火炮武器。我们认为，**军贸反映各国安防建设需求，雷达作为防空系统的核心探测手段和主要的探测设备类型，在军贸出口及国防建设中均占据重要地位。**

图 27：2022 年全球军事费用支出创历史新高（十亿美元）

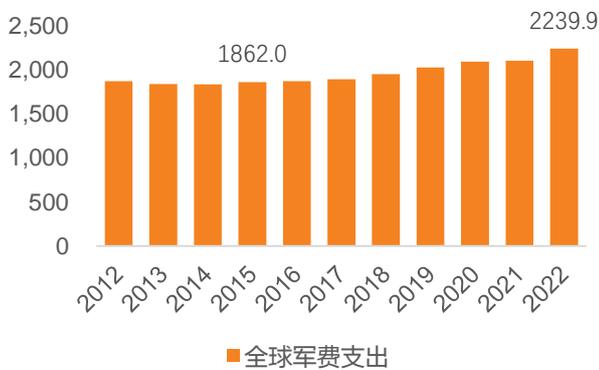
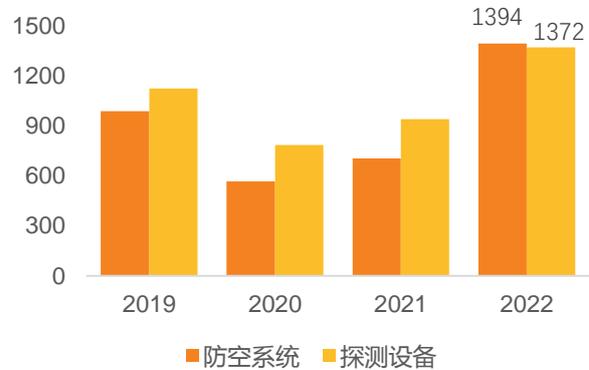


图 28：全球防空系统/探测设备转让价值呈高速增长（百万 TIV）



资料来源：SIPRI，天风证券研究所

资料来源：SIPRI，天风证券研究所

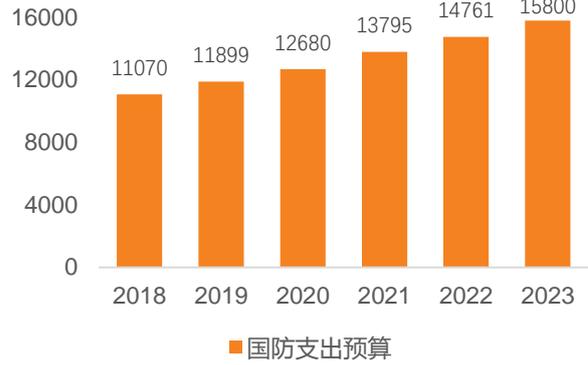
中国国防信息化战略持续推进，加速相控阵雷达升级换装。国防信息化指以 C4ISR 为载体，实现目标探测跟踪、指挥控制、火力打击、战场防护和毁伤评估等功能一体化等。**随着军改推进，中国国防支出的重心向武器装备建设方向倾斜**；根据《新时代的中国国防》白皮书，2010-2017 年中国国防支出由 5333.4 亿元扩大至 10432.4 亿元，其中国防装备费占比由 33.3%持续提升至 41.1%；2023 年国防支出预算 15800 亿元，同比增长 7.0%。根据商务部投资促进事务局，预计至 2025 年国防信息化开支为 2513 亿元，占国防装备支出的 40%，十四五期间核心领域有望保持 20%以上的复合增速。我们认为，**雷达作为国防信息化建设的五大领域之一，有望充分受益于国防信息化建设；而相控阵雷达作为现代军用雷达主流，有望加速列装应用。**

图 29：中国的国防支出向武器装备领域倾斜（亿元）



资料来源：中国国防部，天风证券研究所

图 30：中国的国防支出预算持续增长（亿元）



资料来源：中国国防部，天风证券研究所

2.3.2. 气象领域：技术升级+补盲需求双轮驱动，加速 X 波段相控阵雷达应用渗透

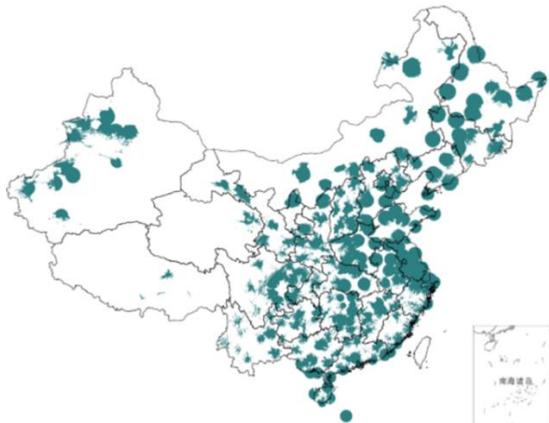
在民用领域，相控阵雷达在气象探测领域的应用进展较快。以天气雷达为例，国内天气雷达发展大致经历了模拟、数字、多普勒 3 个阶段，现阶段以多普勒技术为主导的新一代天气雷达在我国气象领域得到广泛应用；国家统计局数据显示，2021 年中国天气雷达观测业务站点为 303 个，较 2017 年增加 61 个。现阶段气象雷达仍以单偏振、机械式扫描为主，采用机械驱动天线进行面扫描，体扫一周所需时间较长，无法完全满足对天气快速演变过程的精细观测需要，且观测资料的时间分辨率低，同时单偏振在定量降水估测、冰雹识别等方面亦存在局限性。而相控阵天气雷达基于电扫方式可大幅提升采集数据的时间分辨率，将雷达体扫时间由 6 分钟缩短至 1 分钟以内，与多普勒机械雷达形成优势互补，共同构成高低分辨率、远近距离探测结合的新型天气雷达网，提升对快变的中小尺寸、强对流天气系统的监测预警能力。

图 31：中国的天气雷达观测业务站点数（个）



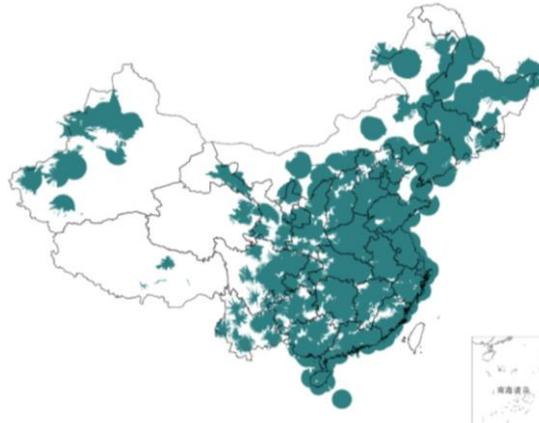
资料来源：国家统计局，天风证券研究所

图 32：中国新一代天气雷达近地面 1 公里覆盖范围（2016 年）



资料来源：中国气象局，滁州市气象局，天风证券研究所

图 33：中国新一代天气雷达近地面 2 公里覆盖范围（2016 年）



资料来源：中国气象局，滁州市气象局，天风证券研究所

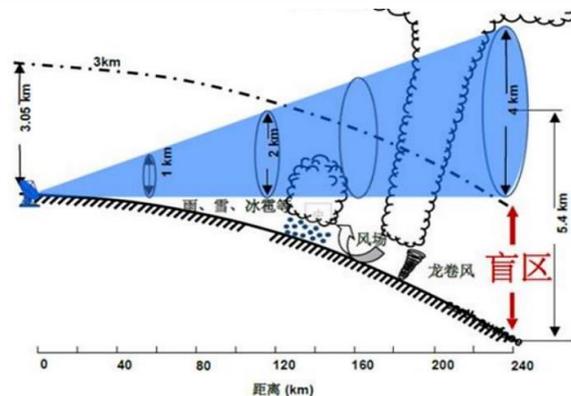
根据《气象雷达发展专项规划（2017-2020 年）》，截至 2016 年我国基本建成全国新一代天气雷达网，完成建设新一代天气雷达 233 部，并计划在 2017-2020 年增补双偏振新一代天气雷达 37 部；截至 2023 年 3 月共部署 S/C 波段新一代天气雷达 242 部，距地 1 公里高度的雷达观测覆盖率为 35.4%。随着全国雷达网的建成，各地区的天气监测盲点逐渐显现，促使各地方气象局开始建设区域性的天气雷达站；而 X 波段雷达具备体积小、成本低、功能完善、功能稳定、布设方便等优势，是新一代天气雷达组网的良好补充，有助于提升局部地区的气象精细化观测水平。2021-2022 年，我国在天气雷达监测空白区、气象灾害严重地区共投资建设 X 波段双偏振天气雷达 146 部；“十四五”期间，气象部门规划建设由 282 部 S/C 波段新一代天气雷达、超 400 部 X 波段雷达组成的雷达观测网。根据《气象观测技术发展引领计划（2020-2035 年）》，气象观测技术正呈现从二维观测向三维立体观测、从大尺度天气观测向中小尺度天气观测的发展趋势；我们认为，在气象观测的微型化、信息化、智能化背景下，X 波段相控阵雷达有望成为我国下一代天气雷达的主流体制。

图 34：2025 年中国的新一代天气雷达预计超 280 个



资料来源：中国气象局，中国气象报，天风证券研究所

图 35：S 波段雷达对中小尺度天气系统存在探测盲区



资料来源：纳睿雷达公告，天风证券研究所

国家产业政策推进组网协同建设，X 波段相控阵雷达市场空间有望突破百亿元。为提高对中小尺度灾害性天气的研究及预警能力，实现全方位、立体化、高时效的回波观测，我国正积极推进包括 X 波段相控阵雷达在内的多雷达协同实验观测和布网实践。2021 年 11 月，中国气象局出台《全国气象发展“十四五”规划》，提出研制多功能天气雷达探测系统和应用技术，实现新一代天气雷达与局域多波段多体制天气雷达精细化组网观测，并明确补充 X 波段双偏振天气雷达、发展大型相控阵天气雷达技术等；2022 年 12 月，中国气象局印发《国家天气雷达观测网优化发展工作方案》，提出大力推动新一代天气雷达、X 波段天气雷达建设，实现多行业、多波段雷达的全国组网观测，目标至 2025 年全国天气雷达监测覆盖率比 2020 年提升 22% 左右。

中国 X 波段相控阵天气雷达的市场空间或超千台、近 80 亿元。根据国家气象科学数据中

心，全国新一代 S、C 波段天气雷达的平均站间距约 224 千米，气象部门规划“十四五”期间新一代天气雷达部署数量扩充至 282 台；以纳睿 X 波段双偏振相控阵雷达为例，其有效探测距离在 60 千米，假设 X 波段相控阵雷达的部署应用达到新一代天气雷达覆盖范围，则可测算出中国的 X 波段相控阵雷达的需求空间为 1045 台。若以 2022 年纳睿雷达的产品销售均价为参考，假设 X 波段相控阵雷达单价为 750 万元/台，测算得到中国 X 波段相控阵天气雷达的硬件市场空间超 78 亿元。

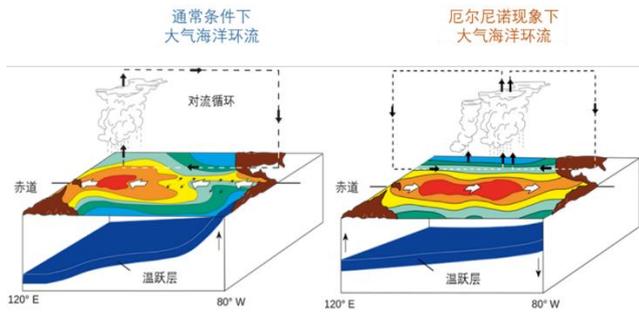
表 6：气象雷达相关政策梳理

发布日期	政策名称	相关内容
2019.11	《气象观测技术发展引领计划（2020-2035 年）》	▪ 研制双偏振相控阵天气雷达，研究高效扫描技术、新型观测模式、在线检测技术、实时定标技术与定标方法
2020.4	《粤港澳大湾区气象发展规划（2020-2035 年）》	▪ 开展超大城市立体观测，构建协同观测基地，共建由相控阵雷达和其它天气雷达组成的高密度试验网，联合开展城市群生态气候环境观测和微气候观测
2021.11	《全国气象发展“十四五”规划》	▪ 完成全国新一代天气雷达双偏振升级，突破双偏振相控阵天气雷达关键技术并开展示范应用 ▪ 补充 S 波段和 X 波段双偏振天气雷达，完善气象雷达网，开展新一代天气雷达技术升级和双偏振技术改造
2022.2	《中国气象科技发展规划（2021-2035 年）》	▪ 研究双偏振相控阵天气雷达及相关扫描技术、观测模式和定标技术 ▪ 到 2035 年，气象综合观测整体技术自主可控，我国成为气象装备强国
2022.4	《气象高质量发展纲要（2022—2035 年）》	▪ 到 2025 年，气象关键核心技术实现自主可控，现代气象科技创新、服务、业务和管理体系更加健全，监测精密、预报精准、服务精细能力不断提升，气象服务供给能力和均等化水平显著提高
2022.11	《综合气象观测业务发展“十四五”规划》	▪ 到 2025 年，建成布局科学、综合立体、智慧协同的精密气象监测系统，精密监测能力不断提升，具备三维大气实况实时监测能力
2022.12	《国家天气雷达观测网优化发展工作方案》	▪ 大力推动新一代天气雷达、X 波段天气雷达建设，实现多行业、多波段雷达的全国组网观测，至 2025 年全国天气雷达监测覆盖率比 2020 年提升 22%左右

资料来源：中国政府网，中国气象局，四川省气象局，天风证券研究所

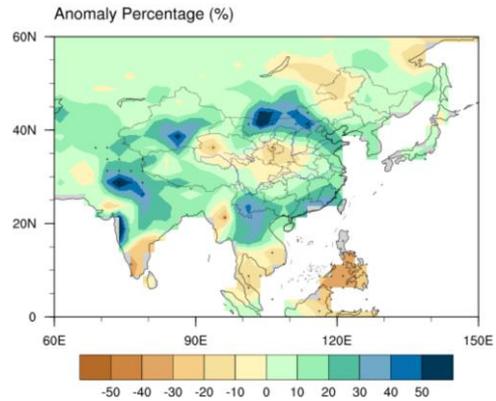
厄尔尼诺现象导致极端天气频发，或加速 X 波段相控阵等气象雷达需求释放。2023 年 7 月，世界气象组织宣布热带太平洋地区 7 年来首次形成厄尔尼诺条件；厄尔尼诺现象指赤道东部海水温度上升，大气海洋循环方向发生逆转，使**异常降雨、干旱的发生频率增加**。由于中国气候主要受季风、西太平洋副热带高压影响，厄尔尼诺的影响主要表现为华北地区在夏季降水显著减少、南方地区在秋季降水增加等，同时也导致长江流域的雨季、降雨量存在更大不确定性。根据中国气象报，20 世纪长江流域发生的 3 次特大洪涝灾害均发生在厄尔尼诺衰减期；其中，1998 年的特大洪水致使国内 29 个省遭受洪涝灾害，死亡人数 4150 人，直接经济损失 2551 亿元。根据美国国家海洋和大气管理局预测，此次厄尔尼诺现象在冬季达到强等级的概率为 56%，达超强等级的概率为 25%。我们认为，厄尔尼诺现象叠加全球气候变暖，或使全球气候及天气变化更趋极端化；异常天气的不确定性和潜在经济损失或强化监测、预警能力建设的紧迫性，加速全国天气雷达监测覆盖率提升，特别是在强对流等灾害性天气领域具备短临监测优势的 X 波段双偏振有源相控阵雷达。

图 36：厄尔尼诺期间的大气海洋环流发生逆转



资料来源：中国青年报，天风证券研究所

图 37：厄尔尼诺增加我国降水分布的不确定性



资料来源：国家气候中心，中国气象数据，天风证券研究所

* 注：图中颜色表示 1981 年以来厄尔尼诺年的降水距平百分率

2.3.3. 水利领域：雨水情监测预报“第一道防线”，水利测雨雷达潜在空间可观

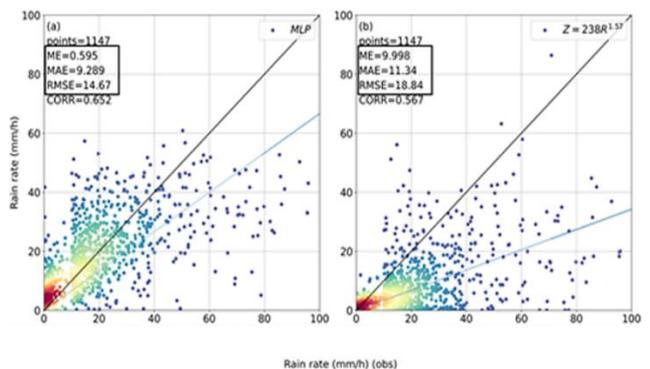
水文监测由地面定点向“天空”采集过渡，水利测雨雷达是研究前沿和热点。传统水利监测预报的降雨数据获取主要基于分散布设在关键河道、集水区的雨量计站网，但雨量计仅可在点上降水精确测量，代表区域十分有限，无法反映全流域的降雨空间分布。而应用雷达进行降水测量，能够获取大范围高时空分辨率的实时降水信息，还可结合水文模型进行流域径流模拟和预测，是现阶段水文、气象等多学科交叉研究的前沿和热点。2015 年，中国电科 38 所研发的国内首部应用于水利系统的实用型雨量雷达正式投用，推动我国雨量雷达由联合试验阶段转向业务应用阶段；至 2023 年 7 月，北京市基于 12 部 X 波段雷达和 2 部 S 波段雷达组网，实现短临降水云团追踪预报范围扩大覆盖至北京市及外围区域。但现阶段我国水文监测手段以地面定点观测为主，大尺度“天空”采集等现代技术应用尚处于起步阶段。

图 38：雨量计难以反映全流域的降水空间分布



资料来源：宁国发布公众号，天风证券研究所

图 39：雷达反演降雨与地面降雨观测结果对比

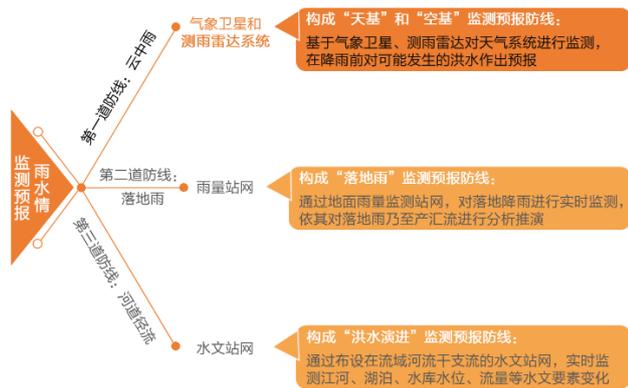


资料来源：水润京华公众号，天风证券研究所

水利雷达构成雨水情监测预报“第一道防线”，在流域降雨估测、径流模拟预测等的应用前景广阔。随着气候变化和人类活动影响加剧，我国水资源情势动态演变，极端天气事件频发，洪涝、干旱等灾害的突发性、极端性愈加明显，仅依靠传统监测手段已难以满足水利工作需求。2023 年 7 月，水利部部长召开专题会议，强调加快构建雨水情监测预报“三道防线”；其中，第一道防线即气象卫星和测雨雷达系统构成的“天基”和“空基”监测预报防线。水利测雨雷达针对半径 $\geq 45\text{km}$ 水平范围、地面以上 2km 垂直高度的大气中液态水进行扫描探测，主要为 X 波段固态双极化雷达，包括机械型、相控阵型两类；其中，相控阵测雨雷达具备覆盖仰角广、时空分辨率高、无故障运行时间长等特性，在局地对流单体、线状对流系统的监测优势显著，已在湖南湘江流域、河北雄安新区等地进行试点应用。根据《第一次全国水利普查公报》，全国流域面积在 100/ 1000/ 10000 km^2 及以上的河流数量分别为 22909/ 2221/ 228 条，总长度分别为 111.46/ 38.65/ 13.25 万公里；我们认为，相控阵雷达在水文监测领域独具优势；而中国河流流域面积广阔，叠加水资源情势动态演

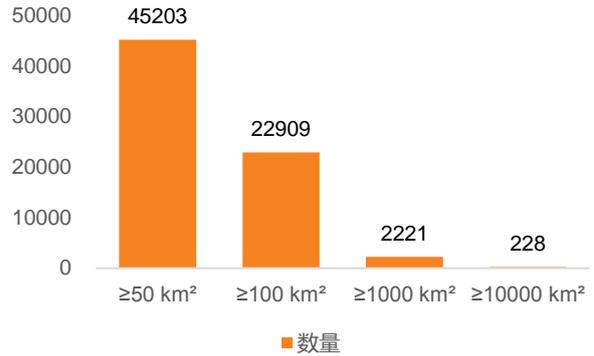
变，有望驱动水文监测成为继气象领域之后的第二大相控阵雷达民用市场。

图 40：测雨雷达系统是雨水情监测预报的第一道防线



资料来源：中国水利公众号，天风证券研究所

图 41：中国各流域面积的河流数量（条）



资料来源：国家统计局，中国水利，天风证券研究所

表 7：相控阵型水利测雨雷达已在多地试点应用

时间	应用情况
2020 年	水利部信息中心会同当地水文局及相关公司在河北雄安新区、湖南湘江流域、山陕区间无定河流域、安徽巢湖开展高精度 X 波段水利测雨雷达试点应用（含双极化相控阵型、双极化机械型）
2021 年	湖南省域内建成全国水文系统第一套 X 波段双极化相控阵雷达
2022 年	最新一代相控阵测雨雷达在湖南湘江流域、河北雄安新区等地投入试点应用
2022 年	珠江、辽河、黑龙江、黄河中游等实现汛期基于水利相控阵雷达的超高时空分辨率短临暴雨监视预警试点应用，预演功能支撑珠江流域性的洪水防御工作
2023 年	推进相控阵型等水利测雨雷达在长江（捞刀河、浏阳河、巢湖）、黄河（无定河）、海河（大清河）等流域的试点应用
2023 年	利用雄安新区相控阵水利测雨雷达，开展 5*5m 精细化面雨量分析及短时临近降水预测，为大清河水系风险预警及预报调度提供重要保障
2023 年	水利双极化相控阵测雨雷达在湖南试点区实现超精细化的组网降雨监测、网格化的降雨预报预警，可有效提高洪水预报精度，预警预见期延长约 1 小时

资料来源：中国水利杂志公众号，黄河水文，中国水利部，天风证券研究所

中央财政于四季度增发万亿元国债，聚焦防灾减灾救灾能力提升，水利雷达应用迎来强有力支撑。2023 年 10 月 24 日，全国人民代表大会常务委员会关于批准国务院增发国债和 2023 年中央预算调整方案的决议获得通过，明确**中央财政在今年四季度增发 2023 年国债 1 万亿元**；其中，2023 年拟安排使用 5000 亿元，结转次年使用 5000 亿元。在资金使用方向上，本次万亿国债精准聚焦灾后恢复重建和提升防灾减灾救灾能力，资金重点用于灾后恢复重建、重点防洪治理工程、自然灾害应急能力提升工程、其他重点防洪工程、重点自然灾害综合防治体系建设工程等八大领域。10 月 25 日，水利部副部长表示我国流域防洪治理仍存在薄弱环节，并强调“建设覆盖流域暴雨洪水集中来源区、山洪灾害易发区的测雨雷达网”。根据国家发展改革委，构建现代化雨水情监测网和智慧化调度决策系统是防洪工程体系建设的重要一环；我们认为，**万亿国债着力加强抵御自然灾害的长期能力建设，且资金支持具备连续性，有望加速相控阵雷达在国内水利领域的规模化应用。**

表 8：2023 年增发万亿元国债的资金投向

资金投向	具体建设
灾后修复重建	<ul style="list-style-type: none"> 持以京津冀为重点的华北地区等灾后恢复重建和提升防灾减灾能力，促进灾区基本生产生活条件和经济发展恢复到灾前的水平
骨干防洪治理工程	<ul style="list-style-type: none"> 支持大江大河大湖干流防洪治理、南水北调防洪影响处理、大中型水库建设以及蓄滞洪区围堤建设，加快完善防洪工程体系
自然灾害应急能力提升工程	<ul style="list-style-type: none"> 支持实施预警指挥工程、救援能力工程、巨灾防范工程和基层防灾工程，加强各级应急

其他重点防洪工程	<ul style="list-style-type: none"> 指挥部体系，提升防灾避险能力 支持主要支流、中小河流、山洪沟治理和重点区域排涝能力建设，水文基础设施、小型水库工程、病险水库除险加固及安全监测，海堤治理，整体提升水旱灾害的防御能力
灌区建设改造和重点水土流失治理工程	<ul style="list-style-type: none"> 支持灌区建设改造修复、东北黑土区侵蚀沟治理、丹江口水库水土流失治理，提高灌溉供水、排水保障能力和防灾减灾能力
城市排水防涝能力提升行动	<ul style="list-style-type: none"> 支持构建城市排水防涝工程体系，推动系统解决城市内涝问题
重点自然灾害综合防治体系建设工程	<ul style="list-style-type: none"> 支持开展地质灾害综合防治体系建设、海洋灾害综合防治体系建设、森林防火应急道路建设、气象基础设施建设，推动灾害防治从减少灾害损失向减轻灾害风险转变
高标准农田建设	<ul style="list-style-type: none"> 是用于东北地区和京津冀受灾地区等高标准农田建设

资料来源：中国政府网，天风证券研究所

2.3.4. 民航空管：空管雷达国产替代进行时，低空监视拓展相控阵新应用

民用航空：空管雷达加速国产替代。“四强空管”是民航强国战略重要组成，其中空管监视系统是管制运行的关键设备，直接影响民航安全、容量和效率。在民航空管领域，我国的空管雷达、导航、监视等关键设备主要依赖进口，进口空管设备存在价格昂贵、运维成本高等问题，进而制约我国民用航空运输发展，亦存在国家安全隐患。随着航空安全运行要求提升，空管监视装备国产化进程深化，打开了国产空管雷达进入民航机场、实现进口替代的通道；《“十四五”民用航空发展规划》提出，“推进民航重要信息系统关键技术和核心设备的安全可控和国产化替代”，并明确至 2025 年空管系统新增主要装备国产化率提升至 80%。其中，相控阵雷达基于天线阵列技术可大幅提升对全空域探测要素获取能力，在航空领域的应用场景覆盖气象探测、飞行物监测等；民航领域的首部相控阵天气雷达已于 2020 年在大兴机场实现业务化应用。2022 年中国境内的民用运输机场共 254 个；根据《全国民用运输机场布局规划》，我国计划至 2025 年全国民用运输机场规划布局 370 个、规划建成 320 个。我们认为，随着民用航空运输机场扩容以及空管装备国产化率提升，相控阵雷达等民用空管雷达设备需求有望显著受益。

图 42：纳睿有源相控阵雷达在航空领域的应用解决方案



资料来源：纳睿雷达官网，天风证券研究所

图 43：中国规划至 2025 年建成境内民用运输机场 320 个



资料来源：中国民航局，天风证券研究所

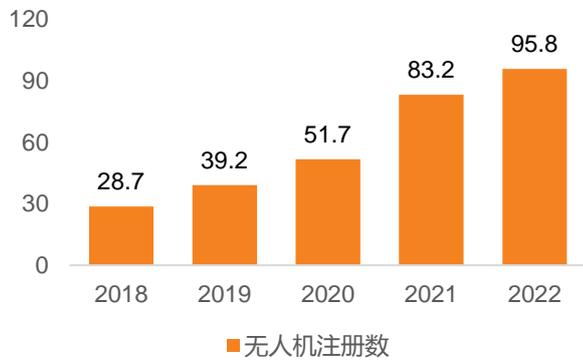
图 44：2025 年全国民用运输机场布局规划分布图



资料来源：国家发改委，中国民航局，天风证券研究所

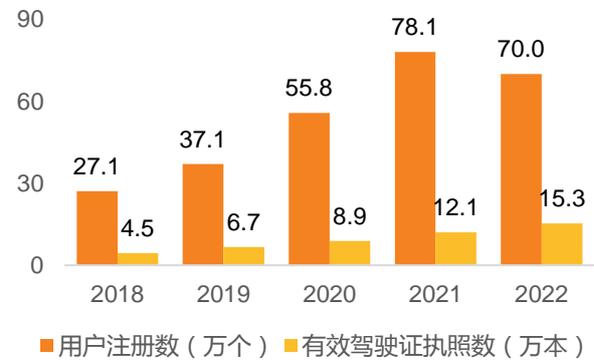
低空监视是公共安全重要构成，是相控阵雷达的新应用场景之一。随着《国务院中央军委关于深化我国低空空域管理改革的意见》等系列政策陆续出台，中国已初步建立多层次通用航空促进政策体系，推进低空空域开放。而随着低空空域管理改革进程推进，对应空域内的航空器数量、种类亦呈现高速增长态势，使用对象亦日趋多元化，给低空空域的使用管理带来严峻挑战。根据中国民航局，2022 年国内的无人机注册数为 95.8 万部，较 2018 年增长 233.8%；2022 年无人机拥有者注册用户数 70.0 万人，无人机有效驾驶证执照数 15.3 万本，仅占注册用户数的 21.8%。低空空域已成为通用航空主区域，但受制于装备技术条件，低空空域仍是空中安全监控的薄弱环节，对边境、大城市、机场等上空低空飞行活动的监控能力亟待加强。以新西兰为例，当地民航局统计数据显示 2014-2018 年期间无人机与载人飞机碰撞事故报告合计 36 起。我们认为，随着低空飞行活动增多，在重要目标、敏感地区等选择性布防低空监视雷达，是相控阵雷达的重要应用拓展方向之一。

图 45：2018-2022 年中国的无人机注册数量（万部）



资料来源：中国民航局，天风证券研究所

图 46：中国的无人机拥有者注册用户数&有效驾驶证执照数



资料来源：中国民航局，天风证券研究所

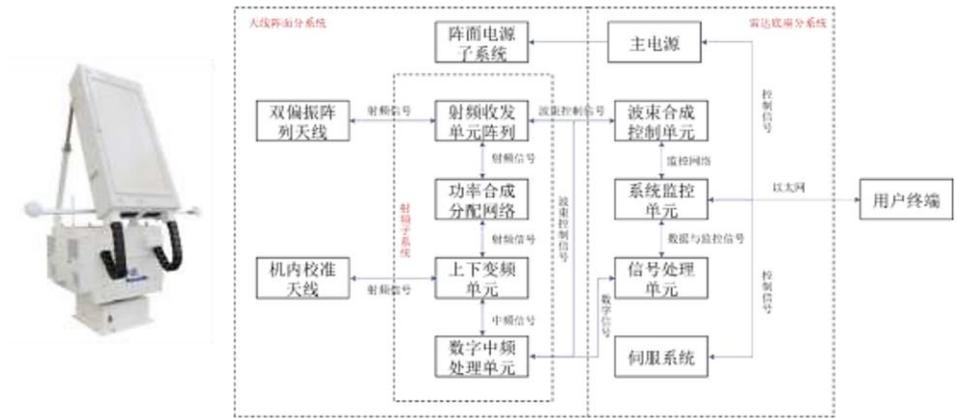
3. 纳睿雷达：先发及降本优势突出，气象+水利+民航+车载多元拓展

3.1. 自研核心技术，打造产品硬实力

研发团队实力强劲，核心技术储备深厚。有源相控阵雷达集现代相控阵雷达技术、超大规模集成电路、全固态收发单元、高速计算机、高速通信技术于一体，涉及多学科、多专业领域，存在较高的技术壁垒。公司创始团队由海归博士科学家和资深工程师技术团队组成，具有全球雷达巨头、世界 500 强芯片企业、北美微波国家重点实验室等技术背景，是广东省引进的“创新创业团队”，专业技能覆盖雷达研发、制造全领域，具备成熟的持续研发和技术产业化能力。截至 2022 年末，公司拥有技术人员 111 人，占比 54.41%，研发部门涵盖数字、射频、机械、预研、天线、软件等部门。截至 2023 年 6 月，公司已获授权专利 129 项，其中发明专利 26 项，拥有大阵面时钟同步技术、T/R 功率系列化技术、雷达

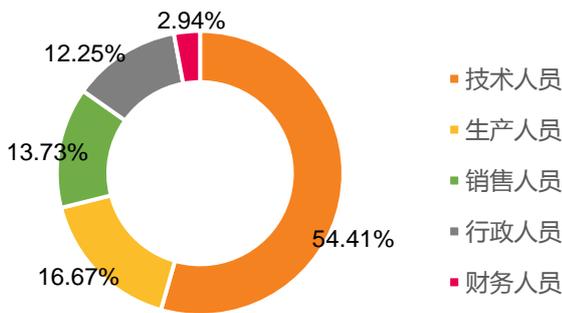
信号处理单元技术、C/S 波段天线研制等新技术储备。

图 47：纳睿雷达的相控阵雷达产品涉及多学科、多专业技术集合



资料来源：纳睿雷达招股说明书，天风证券研究所

图 48：2022 年纳睿雷达的技术人员数量占比 54.41% (%)



资料来源：同花顺 iFinD，天风证券研究所

图 49：纳睿雷达的新技术储备（截至 2023.02.24）

新技术储备	技术说明
大阵面时钟同步技术	分布式时钟同步技术，使任意阵面大小的雷达天线阵面均可实现时钟同步，是相控阵雷达及雷达组网的基础性技术
T/R功率系列化技术	在同一技术体系下，实现T/R等单元的系列化以应对不同雷达应用的差异性，可降低硬件成本
雷达信号处理单元技术	设计相控阵雷达专用的信号处理单元，可应用到不同的雷达系统中，实现通用性
C波段天线研制	大尺寸C波段全极化天线阵面的设计与研制，为高性能C波段全极化有源相控阵雷达奠定基础
S波段天线研制	大尺寸S波段全极化天线阵面的设计与研制，为高性能S波段全极化有源相控阵雷达奠定基础

资料来源：纳睿雷达招股说明书，天风证券研究所

相控阵与极化技术融合，打造产品功能硬实力。公司已掌握雷达系统集成与应用、高增益低旁瓣 X 波段双极化（双偏振）阵列天线、全固态全相参的双极化（双偏振）收发单元、模块化的功率合成与分配网络、上下变频单元、高速信号处理单元、协同式精细化相控阵雷达天气观测系统等系列核心技术。通过将相控阵技术和极化技术相结合，公司突破了多功能相控阵雷达的研制壁垒，推动雷达系统向高度集成化、多功能化、小型化方向发展，具备技术先进性：

- **微带贴片阵列天线：**基于 PCB 工艺的微带贴片阵列天线，具备剖面低、体积小、重量轻等优点，可实现低旁瓣、高交叉极化隔离度，保证雷达数据准确性和稳定性；且相较于使用机械加工的波导缝隙阵天线更易实现精度控制。
- **全固态结构设计：**采用高可靠性的微波固态电路，系以半导体管为核心组成的微波电子电路，具备体积小、功耗低的特点；且加工和安装均采用标准 PCB 电路加工和表贴技术，结构紧凑且适合大批量生产。
- **数字波束合成：**将波束形成在数字信号阶段进行处理，可有效减少射频系统的调试时间和难度，实现超高时间分辨率的扫描探测；通过软硬件结合方式进行波束合成控制，可有效提升系统灵活性，奠定多功能化基础。

图 50：纳睿雷达的技术先进性



资料来源：纳睿雷达官网，天风证券研究所

基于前述核心技术，公司自主研发的 X 波段双极化相控阵雷达具备高时空分辨率、高准确率定量探测能力，可有效获取强对流天气系统的完整精细结构观测资料，提高预报预警准确率。以纳睿雷达的 AXPT0364、DXPT0256 型产品为例，其同时接收波束数量最高可超 32 束，远超同行可比产品；时间分辨率 30s、空间分辨率 30*30m，分别比传统天气雷达提升 12 倍、60 倍；其中 AXPT0364 的探测距离集中在 60km，可弥补近地面的低空探测盲区。

表 9：纳睿雷达与可比公司在类似产品上的关键技术指标对比

技术指标	纳睿雷达 AXPT0364	纳睿雷达 DXPT0256	国睿科技 GLC-36X	宜通华盛 ETWS-X02/X03	宜通华盛 ETWS-X04
天线体制	微带贴片	微带贴片	-	波导缝隙阵	波导缝隙阵
同时接收波束数量	≥16	≥32	≥5	≥16	≥16
峰值功率 (W)	≥400	≥2500	-	≥320	≥1280
极化方式	双极化	全极化	双极化	双极化	双极化
体扫时间	60s (60km 68 层无间隔扫描)	12.8s (150km 68 层无间隔扫描)	≤50s (20 层扫描)	24s/ 30s/ 48s/ 60s	60s/ 90s
距离分辨率	30 m	≤30 m	≤75 m	≤30 m	≤30 m
探测距离	60 km	≥150 km	≥120 km	≥60 km	≥100 km
脉冲宽度	1~200 μs	1~200 μs	-	-	-

资料来源：纳睿雷达招股说明书，天风证券研究所

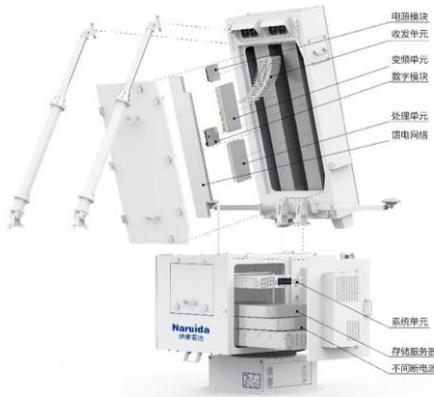
3.2. 雷达核心组件自研设计，加速推进低成本产业化

商用现货模式+核心组件自研，低成本产业化优势凸显。雷达硬件系统由多种类的元器件、模块、组件、部件逐级装配而成，涉及力学、微电子学、化学、热学、无线通讯等多学科的工程应用，对雷达架构及各机械件的设计组合提出高要求。在雷达系统研制和开发领域，公司坚持“在满足雷达性能要求的前提下，使产品成本最小化”的设计理念：

- **元器件 COTS 模式：**在元器件层级采用通用设计方案，采购的元器件大部分为市场供应稳定、批量生产的通用品，采购价格相对合理；例如，公司通过对商用现货的交换芯片进行编程实现网络信息稳定传输交换功能，其芯片硬件成本为 370.6 元，而实现相同功能的工业以太网交换机整机售价在 8780 元。
- **核心模块自研生产：**核心模块、组件、部件由公司自主设计和生产，核心部件、材料等国产化率超 90%，较定制化采购更有利于成本控制；经内部研制和实验迭代，截至 2021 年 12 月迭代后的 SUM 组件/ TR 上芯片/ TR 组件成本分别降低 40%/ 90%/ 60% 以上。

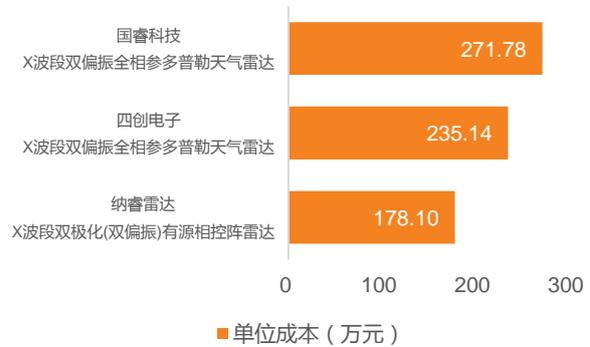
公司通过低成本技术路线、集成化设计、商业通用现货、联合仿真设计和试验测试等措施，不断降低雷达生产成本，打造低成本产业化优势，提升产品性价比。根据公司公告，纳睿 X 波段双极化(双偏振)有源相控阵雷达的单位生产成本为 178.1 万元，分别较四创电子、国睿科技的类似产品低 24.3%、34.5%。

图 51：纳睿雷达的雷达整机结构拆解



资料来源：纳睿雷达公告，天风证券研究所

图 52：纳睿雷达的单位成本低于同行可比产品（截至 2021.10）



资料来源：纳睿雷达公告，天风证券研究所

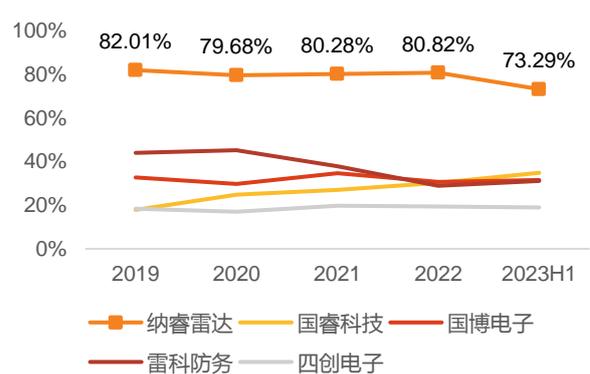
T/R 核心组件全固态全相参设计，依托降本优势强化盈利能力。T/R 组件作为相控阵天线的核心部件，是相控阵雷达的主要成本构成；一部雷达的 T/R 组件用量在 64/ 128/ 256 个不等，T/R 组件成本约占雷达整体造价的 60%。公司自主研发设计的全固态全相参 T/R 组件，在有效提高收发单元寿命的基础上，采用商用现货射频器件、表面贴装工艺从而有效降低生产成本；2018-2021H1，纳睿雷达的 T/R 组件单位成本分别为 2684.1/ 2760.7/ 2829.5/ 2864.2 元，较同期的国博电子 T/R 组件成本节省 85.9%/ 83.3%/ 79.1%/ 77.4%，低成本产业化优势明显。2019-2022 年，公司各年度毛利率维持在 80%左右，显著高于国睿科技、四创电子等可比上市公司。我们认为，公司盈利能力优势突出，其中“COTS 模式+核心模块自研+技术迭代”是其重要支撑，可有效推动相控阵雷达的低成本产业化，公司的高毛利率水平具备可持续性。

图 53：纳睿雷达 vs 国博电子的 T/R 组件单位成本（元）



资料来源：纳睿雷达公告，天风证券研究所

图 54：纳睿雷达的毛利率水平显著高于同行可比公司（%）



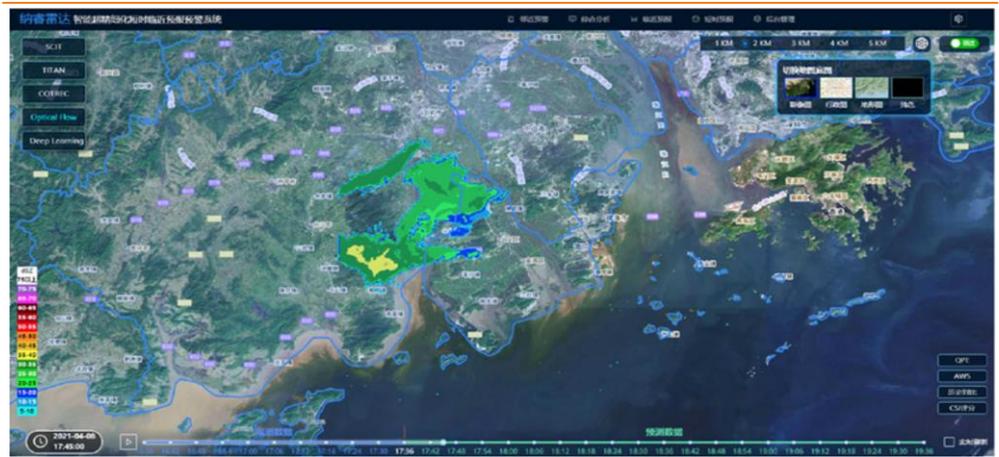
资料来源：Wind，天风证券研究所

3.3. 建立民用相控阵雷达先发优势，向水利、海事、军工多元拓展

率先在气象领域推动相控阵雷达产业化，建立产品研制、市场开拓先发优势。在气象探测领域，相控阵技术的研究应用尚处于起步阶段，国内民用雷达厂商生产的产品仍以多普勒机械雷达为主。公司于国内较早研制 X 波段双极化有源相控阵气象雷达并实现产业化，主要应用于中小尺度、生消迅速、强致灾性的强对流天气探测监视。公司在粤港澳大湾区组建了国内首个超高时空分辨率的 X 波段双极化(双偏振)有源相控阵雷达天气观测网，并纳入《粤港澳大湾区气象发展规划(2020-2035 年)》，在市场拓展方面占据先机；发展规划提出，“在大湾区建设由 40 部相控阵雷达和其他天气雷达组成的高密度雷达试验网，平均站距 50 公里，实现 1 公里高度探测覆盖率达 95%以上”。

基于中国政府采购网以“相控阵天气雷达”为关键词检索的采购公告信息统计，纳睿雷达于 2018-2021 年度在国内同类型产品的累计中标数量排名第一。截至 2022H1，公司在全国范围内累计安装建设相控阵天气雷达 73 台，产品在福建、山东、山西、四川、西藏等多地部署运行。我们认为，由于不同应用场景对雷达的架构设计、参数指标、后台数据处理等需求不同，公司基于布设雷达的数量优势，在产品软硬件迭代、技术优化、市场开拓方面的先发优势显著。

图 55：纳睿雷达基于气象雷达的智能超精细化短时临近预报预警系统



资料来源：纳睿雷达官网，天风证券研究所

全球首发 C 波段微带贴片天线双极化相控阵天气雷达，与 X 波段雷达组网协同打造全空域覆盖、精细化监测能力。2023 年 11 月，公司自主研发的 WDCPT0164 型天气雷达在广州智慧气象装备展会中亮相，成为全球首款公开发布的 C 波段双极化双偏振相控阵天气雷达；WDCPT0164 型天气雷达具备高时空分辨率优势，对天气系统的垂直探测能力强，并拥有极化粒子相态识别能力、极化抗杂波能力和精准定量降雨测量能力，广泛适用于天气雷达业务监测、机场终端气象探测、中小尺度强对流天气监测预警、面雨量监测等业务领域。WDCPT0164 型产品与 X 波段双极化相控阵天气雷达组网协同监测，不仅可实现 1 分钟更新、全空域覆盖的精细化降雨回波监测，还可实现超大范围三维风场的反演，形成兼顾大范围监测和局地精细化监测的高时空分辨率天气雷达监测网，进一步提升雷达网的监测预警能力。我们认为，公司的 WDCPT0164 新品填补了 C 波段微带贴片天线双极化相控阵天气雷达的市场空缺，有望受益于国内气象防灾减灾能力建设。

图 56：纳睿雷达全球首发 C 波段双偏振相控阵天气雷达



资料来源：中国气象公众号，天风证券研究所

强化水利、海事等领域技术合作，积累客户资源及产品应用案例。公司的有源相控阵雷达系统已实现产业化和规模化应用，正在向水利监测、海洋监测、民用航空、公共安全、森林防火等新应用领域进行市场化推广。公司与气象局、水文局、海事局、空管局等下游应用领域的需求单位进行技术交流与合作，不断搜集行业动态及技术信息，积累丰富的产品

应用案例和优质的下游客户资源。

- **海洋监视：岸海雷达系统实现销售，拓展交通管制应用场景。**公司 AXPN0164 型岸海雷达综合系统在珠海完成运行测试，面向海上缉私打私、港口导航、海况监测、海难应急救援等应用场景；并与珠海海事局签订协议，合作共建全极化相控阵交通管制雷达应用联合创新中心，推进纳睿雷达产品在交通管制领域的应用实践。
- **军事应用：军品认证取得突破，前瞻构筑资质壁垒。**公司于 2022 年通过 GJB9001C-2017 武器装备质量管理体系认证，有源相控阵测控雷达、有源相控阵警戒雷达已通过国家军用标准审核；此外，公司与广东省军工集团有限公司达成《防务产品战略合作协议》，共同推进全极化有源相控阵雷达在防务领域的市场化应用。

鉴于雷达整机具有固定资产属性，单个客户的购买需求连续性不强，存在较高的客户开拓维护壁垒；我们认为，公司先发开拓水利、海事等新应用领域，有望率先在新应用领域打造相控阵雷达的应用示范，树立行业口碑效应；同时公司已取得军品认证，打开相控阵雷达最大细分市场的进入通道，有望进一步扩大下游应用空间。

表 10：纳睿雷达在水利、军工等新应用领域的外部合作

合作单位	相关协议	起止日期	合作内容
水利部信息中心	基于 X 波段双极化相控阵雷达的超精细化雨量监测试点应用合作协议	2020.11 - 2023.11	<ul style="list-style-type: none"> 基于纳睿提供的 X 波段双极化相控阵雷达，进行超精细化雨量监测试点应用等
广东省军工集团有限公司	防务产品战略合作协议	协议签署日起 3 年	<ul style="list-style-type: none"> 加强在联合市场拓展、军工资质办理、产品研发设计、雷达配套等方面的合作 纳睿为军工集团提供技术和商务合作支持，可充分利用军工集团的防务产品销售渠道、国际合作资源

资料来源：纳睿雷达招股说明书，天风证券研究所

3.4. 在研 77GHz 车载毫米波雷达，布局智能驾驶第二增长曲线

研制 77GHz 车载毫米波雷达，跻身智能驾驶高景气赛道。公司基于现有核心技术，面向毫米波雷达、雷达数据服务等相关领域进行研发投入，开发出 mmwr001 双极化毫米波雷达等新产品。mmwr001 采用双极化技术探测，除可获取目标距离、速度、角度信息外，还可通过偏振进行目标识别，并基于 BDF 角度测量提高测角精度，不受雨雪雾等恶劣天气或夜晚的影响，**可应用于无人机、自动驾驶等场景。**此外，公司正推进“77GHz 车载毫米波雷达”项目研发，基于不同类型目标对雷达双线偏振波散射的差异实现目标识别，可提供距离、方位、速度、高度的四维信息，**属于 4D 毫米波雷达范畴**；截至 2023H1，该项目累计研发投入进度 43.43%，是公司未来潜在的收入增长点。

图 57：纳睿雷达的 mmwr001 双极化毫米波雷达产品



资料来源：纳睿雷达官网，天风证券研究所

图 58：纳睿雷达 mmwr001 双极化毫米波雷达的技术参数

技术指标	指标数据
探测距离	远距：1~180m；近距：1~60m
探测分辨率	远距：1.5m；近距：1.0m
距离精度	远距：±0.6m；近距：±0.2m
探测范围	水平：≥10°（远距）、≥40°（近距）； 俯仰：≥±8°
角度分辨率	10°
测速范围	-100~+40m/s
速度分辨率	0.3m/s
速度精度	±0.1m/s
探测周期	50ms
探测目标数量	64个

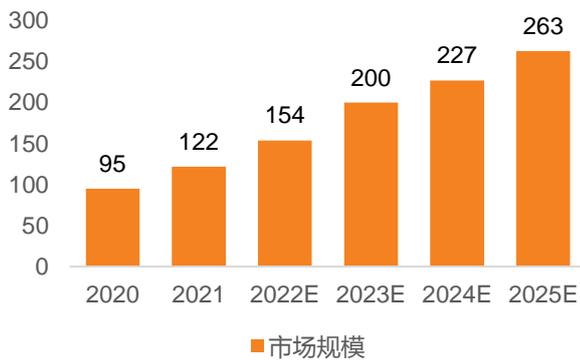
资料来源：纳睿雷达官网，天风证券研究所

自动驾驶升级驱动 4D 雷达起量，77GHz 频段渐成车载雷达主流。根据焉知汽车数据，2021 年中国车载毫米波雷达市场规模 122 亿元，预计至 2025 年将增至 263 亿元；其中，4D 毫

米波雷达在速度、距离、水平角的基础上增加了俯仰角信息，相较于传统毫米波雷达的角分辨率和精度更高，在自动驾驶由 L2 向 L4 进阶过程中可覆盖部分 32 线、64 线激光雷达的应用。根据高工智能汽车研究院，4D 成像雷达进入快速成长期，自 2023 年开始小规模前装导入，已有特斯拉、比亚迪、理想、长安等品牌定点或搭载 4D 毫米波雷达；**预计至 2025 年 4D 成像雷达在前向毫米波雷达的应用比例或超 40%**。

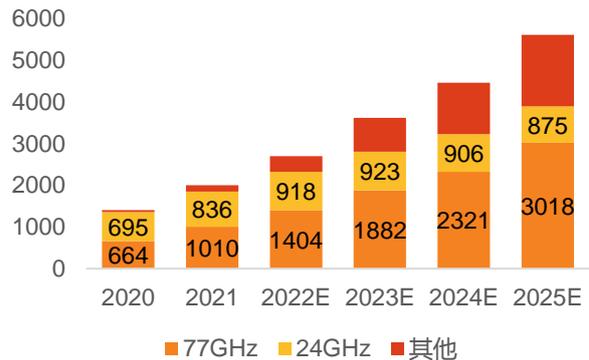
此外，受市场需求及政策驱动，**车载毫米波雷达的主流频段正从 24GHz 转向 77GHz/79GHz**；AIOT 星图研究院数据显示，2021 年国内 77GHz 雷达的出货量已超过 24GHz 雷达。此外，2022 年 3 月正式施行的《汽车雷达无线电管理暂行规定》明确规划 76-79GHz 频段用于汽车雷达，并不再受理审批 24.25~26.65GHz 频段车载雷达无线电发射设备型号核准申请。我们认为，**公司前瞻布局 77GHz 车载 4D 毫米波雷达，高度契合智能驾驶的技术应用趋势，产品量产后的需求空间可观。**

图 59：中国的车载毫米波雷达市场规模高速增长（亿元）



资料来源：焉知汽车公众号，天风证券研究所

图 60：中国的 77GHz 毫米波雷达出货量已超 24GHz（万颗）



资料来源：物联传媒公众号，AIOT 星图研究院，天风证券研究所

表 11：77GHz 车载毫米波雷达较 24GHz 更具性能优势

对比指标	24GHz 毫米波雷达	77GHz 毫米波雷达
探测距离	30~120m	≥200m
安装位置	前方、后方	前方、两侧
应用场景	盲区监测、车道偏离预警、泊车辅助、变道辅助	自适应巡航、自动紧急制动、前向碰撞预警、自动驾驶

资料来源：Autolab 公众号，天风证券研究所

4. 盈利预测与估值

核心假设：

- **雷达精细化探测系统**：随着国产相控阵技术研发及 T/R 组件成本降低，相控阵雷达正加速在民用领域的产业化应用；同时，气象观测、水利监测、民航空管等多元下游需求驱动市场空间进一步扩容。公司作为国内首个超高时空分辨率的 X 波段双极化有源相控阵雷达天气观测网的组建单位，在产品研发、市场开拓等方面先发优势显著，且具备低成本产业化能力，有望迎来业绩加速释放。给予雷达精细化探测系统业务收入 2022-2025 年 78.57% 的复合年均增速。

表 12：纳睿雷达的分业务盈利预测（百万元）

		2021	2022	2023E	2024E	2025E
雷达精细化探测系统	销售收入	172.66	194.29	280.80	604.66	1106.28
	yoy	37.41%	12.52%	44.53%	115.33%	82.96%
	毛利率	81.54%	82.27%	83.00%	83.50%	84.00%
	毛利	140.79	159.83	233.06	504.89	929.28

服务收入及其他	销售收入	10.37	15.72	19.22	30.30	42.88
	yoy	84.02%	51.58%	22.26%	57.67%	41.48%
	毛利率	59.32%	62.93%	65.00%	65.00%	65.00%
	毛利	6.15	9.89	12.49	19.70	27.87
合计	销售收入	183.03	210.01	300.02	634.96	1149.16
	yoy	39.41%	14.74%	42.86%	111.64%	80.98%
	毛利率	80.28%	80.82%	81.85%	82.62%	83.29%
	毛利	146.94	169.73	245.56	524.59	957.15

资料来源：Wind，天风证券研究所

本文选取雷达设备及系统相关供应商国睿科技、四创电子、国博电子、铖昌科技作为可比上市公司，其 2024E 的 PE 估值区间位于 21.6x-64.2x。

我们预计公司 2023-2025 年的营业收入分别为 3.00/ 6.35/ 11.49 亿元，归母净利润 1.32/ 3.04/ 5.71 亿元，对应 EPS 为 0.86/ 1.97/ 3.69 元，当前股价对应 PE 为 60.7/ 26.4/ 14.1x。看好纳睿雷达的低成本产业化能力、在民用相控阵雷达市场的先发优势以及 4D 毫米波雷达研发布局，给予 2024 年 40 倍 PE，对应目标价 78.6 元，首次覆盖，给予“买入”评级。

表 13：可比上市公司的 PE 估值（截至 2023.12.08）

股票代码	股票简称	23PE	24PE
600562.SH	国睿科技	26.6	21.6
600990.SH	四创电子	81.9	64.2
688375.SH	国博电子	52.3	40.9
001270.SZ	铖昌科技	69.6	49.6

资料来源：Wind，天风证券研究所

*注：可比公司估值来自 Wind 一致预期

5. 风险提示

- 1) 原材料价格波动风险。公司原材料主要包括电子件、IT 设备、结构件等，受宏观政策环境影响较大；若原材料价格大幅波动，将对公司盈利能力产生不利影响。
- 2) 行业竞争加剧风险。相控阵雷达在民用领域尚处于起步阶段，随着其他相控阵雷达生产商逐渐进入气象探测等民用市场，公司可能面临更多的市场竞争。
- 3) 技术研发风险。相控阵雷达具有技术更新快、产品需求多样的特点；若公司研发未能取得预期成果或研发的新产品不能满足市场需求，将对业务持续经营造成不利影响。
- 4) 经营风险。公司的雷达整机产品具有固定资产属性，单个客户的购买需求连续性相对较低，若公司不能持续稳定取得订单，可能导致公司收入下滑及运营资金压力加大。
- 5) 应收账款风险。公司客户主要为政府或事业单位，此类客户受付款审批流程复杂等影响，付款周期一般较长；若客户付款延期或款项无法收回，将给公司带来一定损失。
- 6) 政府补助变化风险。2020-2022 年计入当期损益的政府补助占净利润的比例分别为 42.01%/ 21.28%/ 20.78%；若政府补助政策出现调整，可能对公司业务造成不利影响。

财务预测摘要

资产负债表(百万元)	2021	2022	2023E	2024E	2025E
货币资金	160.94	224.92	313.87	634.96	1,149.16
应收票据及应收账款	106.66	156.15	142.87	546.79	730.41
预付账款	2.79	3.16	5.13	11.89	17.18
存货	70.28	99.61	79.19	312.04	394.88
其他	4.84	6.72	47.90	224.37	278.62
流动资产合计	345.51	490.57	588.95	1,730.05	2,570.25
长期股权投资	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
固定资产	42.78	47.57	79.53	172.67	285.47
在建工程	4.01	10.71	32.28	76.91	94.77
无形资产	54.83	52.53	50.28	48.03	45.78
其他	19.65	14.66	13.07	13.68	12.59
非流动资产合计	121.27	125.47	175.16	311.29	438.60
资产总计	510.81	678.41	764.12	2,041.33	3,008.85
短期借款	0.00	60.06	10.00	739.88	1,163.79
应付票据及应付账款	25.19	18.52	36.57	80.41	121.64
其他	20.85	26.49	19.02	35.68	37.74
流动负债合计	46.05	105.08	65.59	855.96	1,323.18
长期借款	0.00	0.00	0.00	272.19	373.49
应付债券	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
其他	24.60	21.84	20.49	22.31	21.55
非流动负债合计	24.60	21.84	20.49	294.50	395.04
负债合计	72.72	131.73	86.08	1,150.46	1,718.21
少数股东权益	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
股本	116.00	116.00	154.67	154.67	154.67
资本公积	179.80	182.44	182.44	182.44	182.44
留存收益	142.28	248.24	340.93	553.76	953.52
其他	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
股东权益合计	438.09	546.68	678.04	890.87	1,290.63
负债和股东权益总计	510.81	678.41	764.12	2,041.33	3,008.85

现金流量表(百万元)	2021	2022	2023E	2024E	2025E
净利润	96.62	105.95	132.41	304.05	571.09
折旧摊销	11.04	17.12	18.72	24.49	31.59
财务费用	0.38	1.04	(5.11)	3.81	16.24
投资损失	(0.53)	0.00	(10.08)	(19.99)	(19.95)
营运资金变动	(65.22)	(105.57)	59.48	(758.56)	(282.38)
其它	2.81	15.87	0.00	0.00	(0.00)
经营活动现金流	45.09	34.41	195.43	(446.20)	316.58
资本支出	19.92	27.59	71.35	158.18	160.76
长期投资	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
其他	(40.31)	(51.54)	(131.27)	(298.19)	(300.81)
投资活动现金流	(20.40)	(23.95)	(59.92)	(140.01)	(140.05)
债权融资	2.75	63.86	(45.51)	998.52	508.99
股权融资	3.93	(74.70)	(1.05)	(91.22)	(171.33)
其他	(9.03)	66.79	0.00	0.00	(0.00)
筹资活动现金流	(2.35)	55.95	(46.56)	907.31	337.66
汇率变动影响	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
现金净增加额	22.34	66.42	88.95	321.10	514.20

利润表(百万元)	2021	2022	2023E	2024E	2025E
营业收入	183.03	210.01	300.02	634.96	1,149.16
营业成本	36.09	40.28	54.46	110.38	192.01
营业税金及附加	1.21	1.19	1.50	3.17	5.75
销售费用	7.29	15.37	22.50	46.03	80.44
管理费用	14.14	15.48	25.50	47.62	80.44
研发费用	31.80	42.28	57.00	107.94	166.63
财务费用	(2.72)	(3.48)	(5.11)	3.81	16.24
资产/信用减值损失	(7.00)	(11.57)	(7.00)	0.00	0.00
公允价值变动收益	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
投资净收益	0.53	0.00	10.08	19.99	19.95
其他	(7.17)	(6.73)	0.00	0.00	(0.00)
营业利润	108.85	117.20	147.24	335.99	627.61
营业外收入	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
营业外支出	0.00	0.01	0.14	0.05	0.06
利润总额	108.87	117.22	147.12	335.97	627.57
所得税	12.26	11.26	14.71	31.92	56.48
净利润	96.62	105.95	132.41	304.05	571.09
少数股东损益	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
归属于母公司净利润	96.62	105.95	132.41	304.05	571.09
每股收益(元)	0.62	0.69	0.86	1.97	3.69

主要财务比率	2021	2022	2023E	2024E	2025E
成长能力					
营业收入	39.41%	14.74%	42.86%	111.64%	80.98%
营业利润	43.05%	7.67%	25.63%	128.20%	86.79%
归属于母公司净利润	45.09%	9.66%	24.97%	129.63%	87.82%
获利能力					
毛利率	80.28%	80.82%	81.85%	82.62%	83.29%
净利率	52.79%	50.45%	44.13%	47.89%	49.70%
ROE	22.05%	19.38%	19.53%	34.13%	44.25%
ROIC	48.29%	39.76%	34.71%	84.98%	46.67%
偿债能力					
资产负债率	14.24%	19.42%	11.27%	56.36%	57.11%
净负债率	-36.50%	-29.91%	-44.70%	42.45%	30.15%
流动比率	8.10	5.03	8.98	2.02	1.94
速动比率	6.64	4.13	7.77	1.66	1.64
营运能力					
应收账款周转率	1.98	1.60	2.01	1.84	1.80
存货周转率	3.24	2.47	3.36	3.25	3.25
总资产周转率	0.41	0.35	0.42	0.45	0.46
每股指标(元)					
每股收益	0.62	0.69	0.86	1.97	3.69
每股经营现金流	0.29	0.22	1.26	-2.88	2.05
每股净资产	2.83	3.53	4.38	5.76	8.34
估值比率					
市盈率	83.13	75.81	60.66	26.42	14.06
市净率	18.33	14.69	11.85	9.02	6.22
EV/EBITDA	0.00	0.00	45.70	23.05	12.45
EV/EBIT	0.00	0.00	51.39	24.71	13.06

资料来源：公司公告，天风证券研究所

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们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，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。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。客户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、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估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，天风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。天风证券的销售人员、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。天风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。天风证券的资产管理部门、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。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及/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一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益 20%以上
		增持	预期股价相对收益 10%-20%
		持有	预期股价相对收益 -10%-10%
		卖出	预期股价相对收益 -10%以下
行业投资评级	自报告日后的 6 个月内，相对同期沪深 300 指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅 5%以上
		中性	预期行业指数涨幅 -5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅 -5%以下

天风证券研究

北京	海口	上海	深圳
北京市西城区德胜国际中心 B 座 11 层	海南省海口市美兰区国兴大道 3 号互联网金融大厦 A 栋 23 层 2301 房	上海市虹口区北外滩国际客运中心 6 号楼 4 层	深圳市福田区益田路 5033 号平安金融中心 71 楼
邮编：100088	邮编：570102	邮编：200086	邮编：518000
邮箱：research@tfzq.com	电话：(0898)-65365390	电话：(8621)-65055515	电话：(86755)-23915663
	邮箱：research@tfzq.com	传真：(8621)-61069806	传真：(86755)-82571995
		邮箱：research@tfzq.com	邮箱：research@tfzq.com