

微波组件：雷达通信占比提升，军民融合大势所趋

微波组件用于实现微波信号的频率、功率、相位等各种变换，广泛用于雷达、通信、电子对抗等领域。低成本、小型化是微波组件重要发展趋势，目前主要技术途径包括混合微波集成电路（HMIC）和单片微波集成电路（MMIC）两种，HMIC向LTCC高密度封装方向发展，MMIC向多功能MMIC、SIP等方向发展。

在军用雷达、电子对抗等领域，微波组件价值占比达60%以上，且占比日益提升。根据我国雷达、电子对抗重点研制单位收入估算，微波组件在该领域每年市场空间将超过250亿。微波组件在民用市场的应用以通信、ADAS为主。随着通信技术的进步，微波组件在基站、移动终端中价值占比不断提高，预计5G时代基站射频器件的市场空间将超过500亿，5G手机中微波组件价值占比将达每台50美元。在ADAS领域，汽车毫米波雷达2018年市场将达34.7亿美元，其中微波组件价值占比达40%。

在军用领域，微波组件以军工央企为主体，民营企业依靠特色技术占据部分市场。我国主要的雷达、导引头、电子对抗等相关研制单位均有一定微波组件研制生产能力，部分微波组件产品需要外协，外购微波组件主要来自中电13所和55所，民营企业依靠特色技术和低成本优势占据部分市场。

民用微波组件高度依赖进口。民用通信中的微波组件除部分滤波器外，其余绝大多数来自进口；汽车毫米波雷达的微波组件基本被英飞凌、意法半导体、恩智浦等垄断，国内相关企业以系统集成和信号处理部分为主。

我国微波组件供应商较为分散，除了体量较大的中电13、55所外，其余规模都较小，另外在微波组件领域军民分立现象较为突出。在军用微波组件领域，垂直整合和专业化整合并存，通过垂直整合，整机厂商可提升对上游产业链掌控能力，通过专业化整合，微波组件厂商可以共享核心技术与客户资源，实现协同效应与规模效应。微波组件军民技术相通，频率、功率逐步走向融合，军民融合成为大势所趋，如亚光科技研制了用于5G通信的毫米波功率放大器，盛路通信子公司南京恒电开发出5G毫米波相控阵天线，雷科防务汽车毫米波雷达已经进入百度Apollo硬件开发平台。

微波组件在军品方面需求将受益于国防信息化建设维持较高增速，民用需求主要受益于通信、汽车毫米波雷达的较快增长以及国产替代。在投资标的选择上，建议重点关注技术优势突出、军民融合潜力较大的头部企业，包括亚光科技、盛路通信、航天发展等。

国防军工

维持

增持

黎韬扬

litaoyang@csc.com.cn

010-85130418

执业证书编号：S1440516090001

研究助理：鲍学博

baoxuebo@csc.com.cn

010-86451182

发布日期：2019年2月21日

市场表现



相关研究报告

目录

一、微波组件：从天线到数字信号处理，实现射频信号的多种变换.....	1
1.1 微波组件广泛应用于雷达、通信、电子对抗等领域.....	1
1.2 微波组件分类：功能各不相同，种类多样.....	2
1.2.1 单功能微波器件	2
1.2.2 微波控制器件	3
1.2.3 微波组件及子系统	3
1.3 微波组件典型工艺：HMIC 与 MMIC.....	4
1.4 微波组件技术方向：低成本与高集成度.....	6
二、微波组件市场分析：军用市场巨大，民用空间广阔.....	8
2.1 军用市场：占据雷达、电子对抗装备成本的六成以上.....	8
2.1.1 雷达：年均市场或达 330 亿元，对微波组件需求不断提升.....	8
2.1.2 电子对抗：年均市场或达 80 亿元，微波组件占比同样较高.....	11
2.2 民用市场：通信、ADAS 为主.....	12
2.2.1 通信：无线基站与移动终端需求量巨大.....	12
2.2.2 ADAS：普及率逐步提升，一辆汽车会装载“长+中+短”多个毫米波雷达.....	14
2.3 军民融合性：从频率功率区分逐渐走向融合.....	17
三、微波组件产业链与竞争格局：军品以央企为主，民品以进口为主.....	18
3.1 军品竞争格局：军品以央企为主体，民营企业依靠特色技术占据部分市场.....	18
3.2 民品竞争格局：民品以进口为主，军转民市场空间巨大.....	19
四、行业发展趋势：垂直整合与专业化整合并存.....	21
4.1 行业现状：供给侧分散、军民融合程度不足.....	21
4.2 未来发展：垂直整合与专业化整合并存，军民融合为大势所趋.....	21
五、投资机会分析：军民市场需求旺盛，军转民存在巨大空间.....	23
5.1 投资机会分析：军用需求旺盛，民用国产替代空间广阔.....	23
5.2 重点关注技术优势突出、军民融合潜力较大的头部企业.....	23
5.2.1 亚光科技：老牌微波组件厂，湖南资产拟战略入股，大股东股权质押压力获缓解.....	23
5.2.2 盛路通信：收购成都创新达实现横向整合，军转民进军 5G 空间广阔.....	25
5.2.3 航天发展：电子蓝军与网络安全业务保持较快增长，微系统研究院前景广阔.....	25

图表目录

表 1： 雷达工作频率划分及民用通信、车载雷达典型频率.....	1
表 2： 单功能微波器件分类及其功能	2
表 3： 微波控制器件分类及其功能	3
表 4： 微波组件与子系统分类及功能	4
表 5： 混合集成电路的优点	5
表 6： 相控阵雷达的优缺点	8
表 7： 国内主要雷达研制生产单位	10
表 8： 国内主要雷达研制生产单位	11

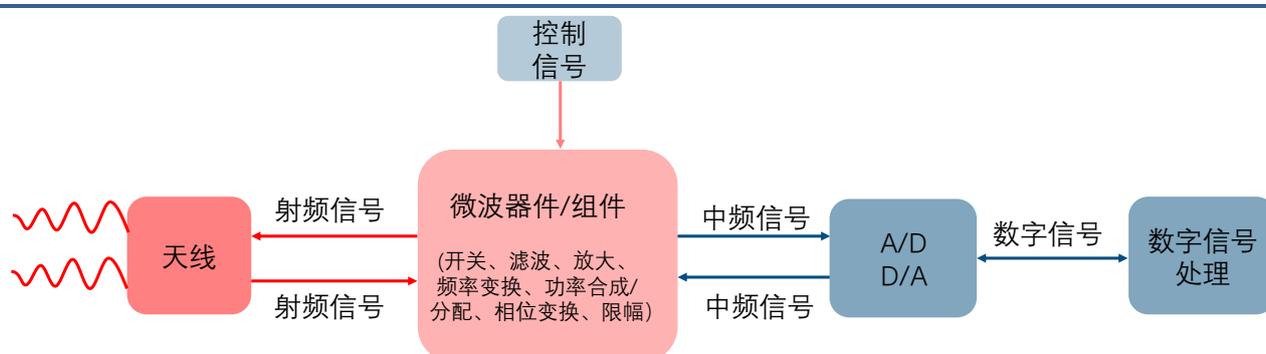
表 9: ADAS 几种传感器对比	15
表 10: ADAS 几种传感器对比	16
表 11: 中电 13 所和 55 所主要经济指标	18
表 12: 微波组件领域民参军企业概况	19
表 13: 通信领域微波组件供应商概况	20
表 14: 汽车毫米波雷达供应商及其主要产品	20
图 1: 微波组件实现的功能	1
图 2: 微波电路的发展历程	4
图 3: 单片微波集成电路的特点	5
图 4: LTCC 工艺流程	6
图 5: 单片集成相控阵 T/R 芯片	6
图 6: SIP 示意图	7
图 7: 机械扫描雷达 (左) 与相控阵雷达 (右)	8
图 8: 按搭载平台区分雷达类型	9
图 9: EA-6B 咆哮者电子战飞机及其 AN/ALQ-99 干扰吊舱	11
图 10: 通信基站构成示意图	12
图 11: RRU 功能组成	13
图 12: 典型 RRU 产品及其参数	13
图 13: 手机射频部分组成	14
图 14: 全球毫米波雷达市场	15
图 15: 国内毫米波雷达市场	15
图 16: 中电 14 所组织架构	18
图 17: 村田射频前端一体化模组	19
图 18: 雷科防务雷达产业链布局	21
图 19: 盛路通信子公司南京恒电与成都创新达的客户资源共享	22
图 20: 雷科防务汽车防撞雷达	22

一、微波组件：从天线到数字信号处理，实现射频信号的多种变换

1.1 微波组件广泛应用于雷达、通信、电子对抗等领域

微波组件用于实现微波信号的频率、功率、相位等各种变换，广泛用于雷达、通信、电子对抗等领域。雷达包括各类军用雷达、气象雷达、空管雷达、汽车毫米波雷达等；通信设备包括军用通信设备、民用通信设备，其中民用通信主要包括基站以及手机、平板电脑等移动通信终端；电子对抗主要是包括军用无线电侦察、电子干扰等装备。

图 1：微波组件实现的功能



资料来源：中信建投研究发展部

微波组件具有军民两用属性，但由于过去军用和民用一般存在工作频率、功率等不同，目前融合程度并不高。军用雷达工作频率分布较宽，可从几百兆赫兹到数十吉赫兹，而民用通信一般处于较低工作频段；军用雷达、通信及电子对抗一般要求发射功率很高，而民用通信则较低；由于工作频率、发射功率不同，导致军民两用微波组件材料选择、技术路线等有所不同。随着 5G 通信向高频段拓展以及军用微波组件也开始向低成本小型化发展，微波组件的军民融合程度必将得到不断提升。

表1：雷达工作频率划分及民用通信、车载雷达典型频率

用途	波段	频率范围
军用雷达	VHF（超高频）	30MHz~300MHz
	UHF	300MHz~1GHz
	L 波段	1GHz~2GHz
	S 波段	2GHz~4GHz
	C 波段	4GHz~8GHz
	X 波段	8GHz~12GHz
	Ku 波段	12GHz~18GHz
	K 波段	18GHz~27GHz
	Ka 波段	27GHz~40GHz
	W 波段	40GHz~100+GHz
移动通信	中国移动 3G	1.88~1.9GHz 2.01~2.025GHz
	中国移动 4G	1.88~1.9GHz 2.32~2.37GHz 2.575~2.635GHz

请参阅最后一页的重要声明

中国移动 5G (试验)	2.515~2.675GHz	4.8~4.9GHz
中国联通 3G	1.94~1.955GHz	2.13~2.145GHz
中国联通 4G	2.3~2.32GHz	2.555~2.575GHz
中国联通 5G (试验)	3.5~3.6GHz	
中国电信 3G	1.92~1.935GHz	2.11~2.125GHz
中国电信 4G	2.37~2.39GHz	2.635~2.655GHz
中国电信 5G (试验)	3.4~3.5GHz	
5G 高频段 (试验)	24.75~27.5GHz	37~42.5GHz
车载雷达	SRR	24GHz
	MRR & LRR	77GHz

资料来源：中信建投研究发展部

1.2 微波组件分类：功能各不相同，种类多样

微波器件/射频器件是指具备独立功能及性能指标、由多个电路元件构成、具备独立封装结构的电路单元，一般可分为单功能微波电路、微波控制电路两大类，用于实现对微波信号的单一功能，如滤波器、功率放大器等。

微波组件是由多种电路元件、微波器件、微波电路、电源及控制电路组装而成，以同轴或波导形式与外部电路相连，在分系统中具备独立完整功能的电路集成组合，可实现对微波信号的综合处理功能，如 T/R 组件、上下变频组件、开关滤波组件等。

1.2.1 单功能微波器件

单功能微波器件用于实现对微波信号的单一处理功能，如放大、检测、功率分配/合成、混频、滤波、耦合等功能；按照传输线类型可分为波导型、同轴型和微带型微波器件，其中微带电路在平面实现，具有结构紧凑、体积小、重量轻、造价低等优点。

表2：单功能微波器件分类及其功能

分类	功能	
功率放大器	对微波信号进行放大，用于发射通道	
低噪声放大器	噪声系数很低的放大器，一般用作各类无线电接收机的高频或中频前置放大器，以及高灵敏度电子探测设备的放大电路	

滤波器

抑制不需要的信号，使其不能通过滤波器，只让需要的信号通过



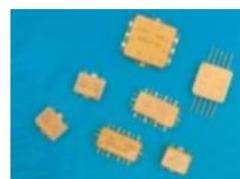
混频器

使输出信号频率等于两输入信号频率之和、差或为两者其他组合的电路



功分器

将一路输入信号能量分成两路或多路输出相等或不相等能量的器件，也可反过来将多路信号能量合成一路输出



资料来源：亚光科技公告、盛路通信公告、中信建投研究发展部

1.2.2 微波控制器件

微波控制器件产品用于实现对微波信号的移相、衰减、开关等功能，主要包括移相器、衰减器等，控制器件一般有控制信号输入，用于实时调整其控制参数。

表3：微波控制器件分类及其功能

分类	功能	
衰减器	用来控制微波信号幅度，有电调衰减器和数控衰减器两类。	
移相器	控制微波信号的相位，达到改变雷达波束方向的目的	
开关	将微波信号切换到不同的信号通路中去，当微波开关开通时，要求对微波信号的损耗小；当微波开关关断时，要求微波信号不能泄露	

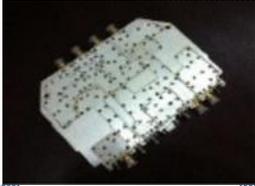
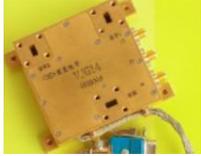
资料来源：亚光科技公告、盛路通信公告、中信建投研究发展部

1.2.3 微波组件及子系统

微波组件用于实现对微波信号的综合处理功能，主要包括 T/R 组件、上下变频组件、开关滤波组件、频率源组件等。微波子系统由多个微波组件构成，实现系统级功能，如接收机。

请参阅最后一页的重要声明

表4：微波组件与子系统分类及功能

分类	功能	
T/R 组件	收发组件，大量用于有源相控阵雷达，主要用于实现对发射信号的放大和对接收信号的放大以及对信号幅度、相位的控制，由低噪放、功放、限幅器、移相器等组成	
上/下变频组件	用于实现信号载波频率的变化，上变频是将载波频率提高，下变频是将载波频率降低	
开关矩阵	控制微波信号的流向，将微波信号切换到不同的信号通路	
接收前端	将天线接收到的信号进行滤波、放大、变频等一系列处理，输出中频信号	

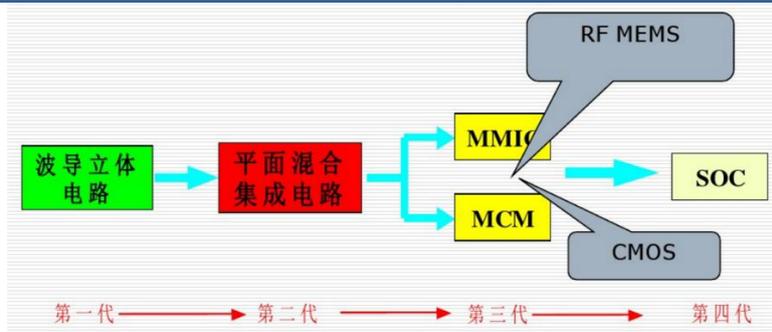
资料来源：亚光科技公告、红相股份公告、中信建投研究发展部

1.3 微波组件典型工艺：HMIC 与 MMIC

微波组件小型化是实现高性能、高可靠性和低成本的重要途径。自 20 世纪 40 年代起第一代立体微波电路以来，经历了四代产品，包括波导立体电路、平面混合集成电路、MMIC、SOC，集成度越来越高。目前常用的主要为中间两代产品：混合微波集成电路（HMIC）和单片微波集成电路（MMIC）。

单片微波集成电路的集成度很高，但只有在大批量生产时才能降低成本，一般用于通用性较强的器件/组件；混合微波集成电路将厚膜集成电路、单片集成电路两种工艺结合，灵活性大幅提高，多用于小批量定制化微波组件产品。

图 2：微波电路的发展历程



资料来源：百度文库，中信建投研究发展部

混合集成电路包括厚膜混合集成电路、薄膜混合集成电路。厚膜混合集成电路是以绝缘基片作为电路的基板，先把导体网络及阻、容等元件采用丝网漏印、等离子喷涂等工艺印于基板表面，再把其他元器件（包括集成电路、传感器其他功能元件等）组装在陶瓷基板上，连接输出引脚，最后作整体封装，形成一个功能完整的电路产品。混合集成电路也可以看作是对半导体集成电路的二次集成，也是实现微波组件小型化的重要手段，相比单片集成电路具有成本低、周期短、设计灵活等优点。

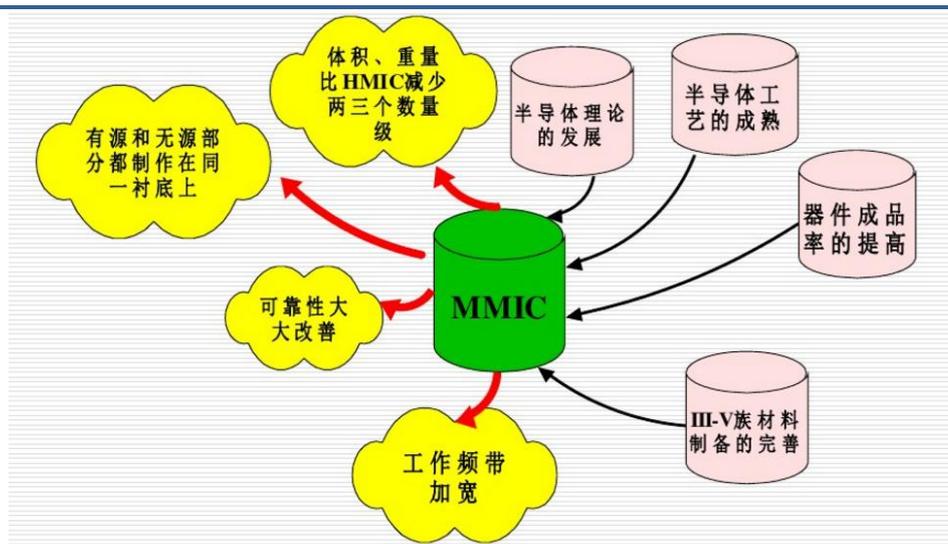
表5：混合集成电路的优点

对比	优点
与分立器件电路对比	体积小、重量轻； 电路路径短，寄生参数易控制； 组装简单，有功能微调能力，系统设计更简单； 连接少，具有更好的抗冲击和振动能力；
与单片集成电路对比	生产线成本低，适合中小批量生产； 设计更改容易； 出样周期短，能尽快投产； 可选用高性能元器件，通过外贴等方式； 设计灵活性好，允许返工

资料来源：中信建投研究发展部

单片微波集成电路是在半绝缘半导体衬底上用一系列的半导体工艺方法制造出无源和有源元器件，并连接起来构成应用于微波频段的功能电路，它包括多种功能电路，如低噪声放大器（LNA）、功率放大器、混频器、上变频器、检波器、调制器、压控振荡器（VCO）、移相器、开关、MMIC 收发前端，甚至整个 T/R 组件。由于 MMIC 的衬底材料（如 GaAs、InP）的电子迁移率较高、禁带宽度宽、工作温度范围大、微波传输性能好，所以 MMIC 具有电路损耗小、噪声低、频带宽、动态范围大、功率大、附加效率高、抗电磁辐射能力强等特点。单片微波集成电路可比混合微波集成电路减小两三个数量级。

图 3：单片微波集成电路的特点



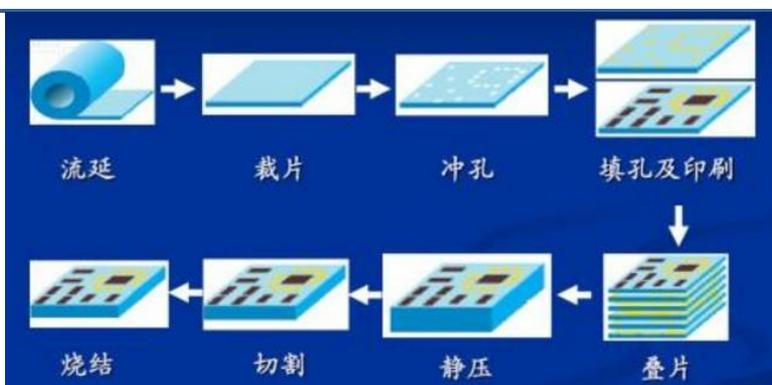
资料来源：百度文库，中信建投研究发展部

1.4 微波组件技术方向：低成本与高集成度

纵观整个微波电路的发展史，小型化始终是电子系统和技术发展的趋势，是军民用电子产品共同追求的目标，对微波电路集成度要求越来越高。实现高集成的手段包括采用 LTCC 工艺、多功能 MMIC 等手段，还可采用 SOC、SIP 等第四代微波电路技术，但同时要考虑产品成本。

实现小型化的一个重要手段就是高密度封装，LTCC 3D 封装可提升微波电路布线密度，打破微波信号在常规平面混合集成电路中沿平面传播的限制，实现在多层基板之间的纵向传输，可有效缩小微波电路尺寸。LTCC 英文全称是 Low-Temperature Cofired Ceramics，中文名称为低温共烧陶瓷，以陶瓷材料作为电路的介质层，将低容值电容、电阻、阻抗转换器、滤波器、耦合器等被动元件内埋入陶瓷基板中，应用金、银、铜等金属当作内外层电极，采用丝网印刷技术涂布电路，在低于 900℃ 的烧结炉中烧结而成。

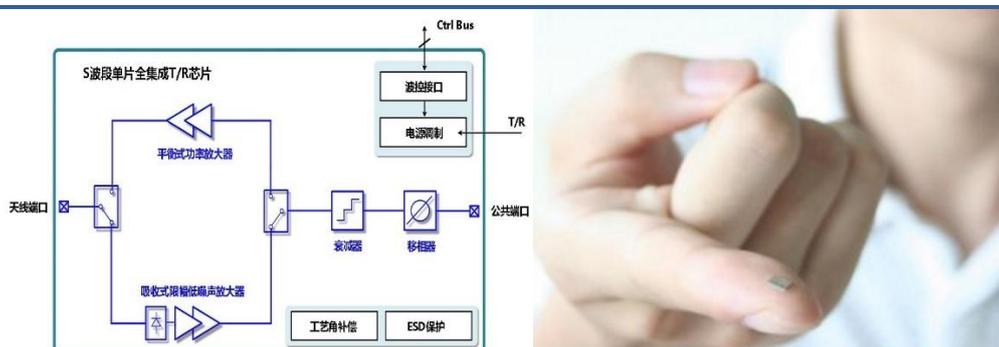
图 4：LTCC 工艺流程



资料来源：互联网，中信建投研究发展部

多功能 MMIC 是指在同一块半导体基底上包含两个或两个以上不同功能电路的 MMIC，是第三代微波电路向第四代微波电路发展的过渡阶段，其优势包括电路体积进一步减小、缩短互联长度提高电路性能、减少片外互联提高可靠性等等。多功能 MMIC 存在多功能集成度与通用性以及单片尺寸与良品率之间的矛盾。

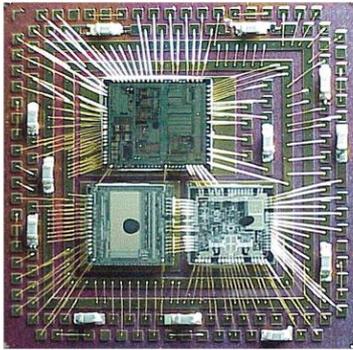
图 5：单片集成相控阵 T/R 芯片



资料来源：互联网，中信建投研究发展部

系统级封装（SIP）是指将多个半导体裸芯片和可能的无源元件构成的高性能系统集成于一个封装内，形成一个功能性器件。SIP 能够在集成电路和封装中，提供最优化的功能、尺寸、价格，缩短市场周期。按照 SIP 内芯片、器件的放置方式，可分为并排贴装、堆叠结构、内埋结构三种。

图 6：SIP 示意图



资料来源：互联网，中信建投研究发展部

二、微波组件市场分析：军用市场巨大，民用空间广阔

2.1 军用市场：占据雷达、电子对抗装备成本的六成以上

在军用领域中，微波是重要的信息载体，探测、通信、电子对抗都离不开微波，尤其是在探测、电子对抗领域，微波组件占据其成本的 60% 以上，市场空间巨大。

2.1.1 雷达：年均市场或达 330 亿元，对微波组件需求不断提升

雷达是利用电磁波探测目标并获取目标位置、速度、图像等信息的电子装备，主要用于对空中目标的探测，其次是用于对地面、海面目标的探测。雷达探测的空中目标类型主要包括作战飞机、巡航导弹、弹道导弹等，对海面目标的探测主要包括航空母舰、驱逐舰等水面舰艇，对地面目标的探测主要采用合成孔径雷达方式(SAR)实现对地面的成像探测。

按扫描方式分类，雷达可分为机械扫描与电子扫描两种，而后者就是我们经常提到的相控阵雷达。机械扫描雷达只有一个天线，雷达的波束指向与天线朝向是固定关系，为了让雷达探测不同空域，需要利用机械伺服系统驱动天线转动，空域切换速度取决于机械伺服的能力。相控阵雷达是一个天线阵列，每个天线辐射的波束宽度都很宽，其信号相位可以由“移相器”来控制，通过设置不同“移相器”的相位即可改变雷达波束指向，“移相器”受电子信号控制，可瞬间发生变化，因此，相控阵雷达空域切换速度极快。

图 7：机械扫描雷达（左）与相控阵雷达（右）



资料来源：互联网，中信建投研究发展部

在作战应用方面，相控阵雷达与机械扫描雷达相比，具有多目标能力强、可实现多功能等突出优势。随着作战需求的不断提升与技术的不断推动，相控阵雷达已成为主流，但在一些对成本控制要求较高的需求下，机械扫描雷达市场也将长期存在。

表6：相控阵雷达的优缺点

相控阵雷达	
优点	1、多目标能力强：可同时对不同空域的多个目标实现高数据率探测； 2、可以实现多功能：相控阵雷达既可以实现空域搜索功、多目标跟踪功能，还可以边搜索边跟踪，有益于减少武器系统雷达配备数量； 3、抗干扰能力强：空间波束形成灵活，利于抗干扰；未来进一步升级为数字相控阵雷达，可采用自适应置零、超分辨等方式应对各类干扰。

缺点

- 1、覆盖空域较小：相控阵雷达覆盖空域一般只有-60°到60°，而机械扫描雷达通过机械伺服旋转可实现360°探测；
- 2、造价高：大量的T/R模块是其成本增加的主要因素。

资料来源：中信建投研究发展部

相控阵雷达还可分为无源相控阵与有源相控阵两类，无源雷达为过渡性产品，有源相控阵雷达将占相控阵雷达的绝大多数。无源相控阵雷达只有一个发射机，该发射机产生大功率信号，通过功分器将信号分配到各个天线单元，由各个天线单元前端的移相器控制相位。有源相控阵雷达每个天线单元配都有一个发射机，每个发射机功率不大，通过功率在空间合成实现大功率发射。大功率发射机为易损件，从可靠性角度讲，有源相控阵具有较大优势，即使有源相控阵的发射机损坏20%，整部雷达仍然可以工作，只是性能有所下降。

我国各大军工集团雷达相关研究所的分工基本上是按照搭载平台来区分的。按搭载平台分类，雷达可分为陆基雷达、舰载雷达、机载雷达、弹载雷达、星载雷达五类。除陆基雷达之外，其余雷达数量均受所搭载平台的数量限制。

图 8：按搭载平台区分雷达类型



a. 陆基雷达 AN/TPY-2 (萨德制导雷达)



b. 舰载雷达 AN/SPY-1



c. F-35 机载火控雷达 APG-81



d. AIM-120 空空导弹导引头

资料来源：互联网，中信建投研究发展部

我国雷达研制单位主要集中在各大军工集团。其中规模排名前两位的是中电科集团的 14 所和 38 所，14 所是我国最大的雷达研究所，涵盖陆海空天各类平台的雷达装备，综合实力最强。其余还包括航天科工的 23 所、25 所和 35 所，航天科技的 704 所、802 所，中航工业的 607 所，中船重工的 724 所以及兵器工业的 206 所等。

表7：国内主要雷达研制生产单位

军工集团	研究所	概况
	14 所	中国雷达工业的发源地，国家诸多新型、高端雷达装备的始创者；共有员工 8500 余人。 主要雷达类型：陆基、机载、舰载、星载
中电科	38 所	1965 年建于贵州，1988 年底整体迁建合肥市，我国国防高科技电子装备骨干研究所，共有员工 8000 人 主要雷达类型：陆基、机载
	20 所	我国各种无线电导航系统的奠基者，是我国海军舰载火控雷达的研制基地，是我国数据链技术的开拓者、领军者，共有员工 3000 余人 主要雷达类型：舰载
航天科工	23 所	航天系统地面雷达中心骨干研究所，领域覆盖雷达、电子对抗、广播通讯、地面卫星站、综合电子系统、特种器件等；共有员工 2300 余人 主要雷达类型：陆基
	25 所	我国精确制导专业骨干研究所，产品包括导引头、引信、指令制导、空间载荷等，涉及海、陆、空、天等领域；共有员工 1600 余人 主要雷达类型：弹载
	35 所	国内从事精确制导设备研制生产的骨干专业研究所之一，以探测导引、匹配导航技术为发展方向。 主要雷达类型：弹载
航天科技	704 所	我国航天测控、传感器与卫星导航技术的开拓者，以测控通信导航、传感器、雷达为核心主业；共有员工 2300 余人 主要雷达类型：陆基
	802 所	我国从事光电探测、数据传输、微波技术、天线与天线罩、电磁环境与效应等领域研究生产的国家重点专业科研单位；共有员工 900 余人 主要雷达类型：弹载、星载
航空工业	607 所	我国重要的机/弹载雷达专业研究所，集机载雷达与航空电子设备技术研究、产品研制、生产、试验和服务为一体；共有员工 1600 余人 主要雷达类型：机载、弹载
	空导院	专业从事空空导弹、发射装置、地面检测设备和机载光电设备及其派生型产品研制开发及批量生产的研究发展基地 主要雷达类型：弹载
兵器工业	206 所	致力于战场感知、防空反导、精确打击、电子对抗等信息化武器装备及毫米波、微波、通信、制导、成像、测试等技术领域的研究；共有员工 1300 余人 主要雷达类型：陆基、弹载
中船重工	724 所	从事国防装备领域电子信息系统装备研制的大型国防重点研究所，共有员工 1000 余人 主要雷达类型：陆基、弹载

资料来源：各研究所官网，中信建投研究发展部

目前，我国军用雷达市场空间每年或将达 330 亿以上，微波组件占比将超过 60%，年均市场空间达 200 亿。根据上表中各雷达骨干研究所的营收推测，我国军用雷达市场空间巨大，年均空间或达 330 亿以上，其中仅中电 14 所在雷达领域的收入就在百亿左右。随着雷达技术向有源相控阵、数字相控阵发展，微波组件在雷达中的

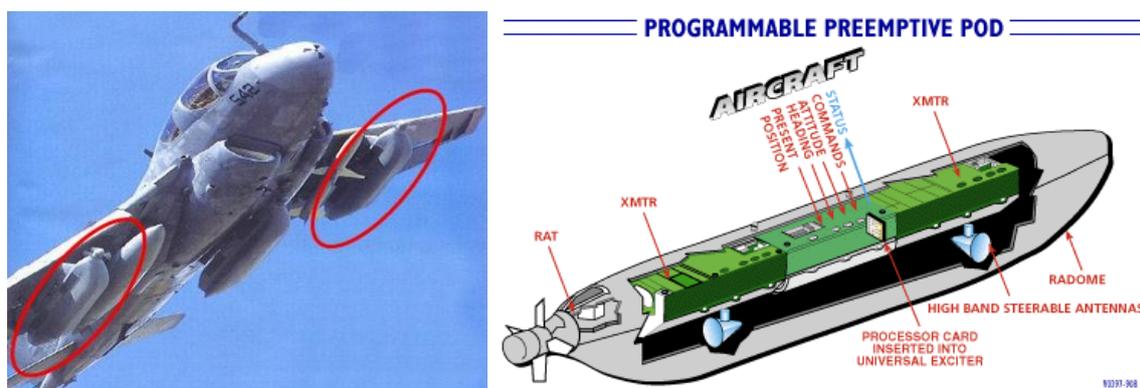
价值占比逐步提升，保守估计微波组件成本占整部雷达成本的 60% 以上，由此测算，微波组件在军用雷达领域年均市场空间将达 200 亿。

2.1.2 电子对抗：年均市场或达 80 亿元，微波组件占比同样较高

电子对抗就是敌对双方为削弱、破坏对方电子设备的使用效能、保障己方电子设备发挥效能而采取的各种电子措施和行动，是争夺电磁频谱权的关键手段。电子对抗可分为三个方面：电子对抗侦察、电子干扰和电子防御。电子对抗按电子设备的类型可分为雷达对抗、无线电通信对抗、导航对抗、制导对抗、光电对抗和水声对抗等。

电子对抗设备主要包括电子侦察设备、电子干扰设备等类型。电子侦察用于战略战术电子情报搜集、辐射源目标精确识别、测向与定位，战时可用于战场监视及打击引导，主要以侦察吊舱的形式装载于侦察飞机、无人机等，典型代表包括美国的 RC-135 战略侦察机，该飞机上的雷达技术侦察系统可以收集预警、制导和引导雷达的频率等技术参数，并对其进行定位，世界上各种雷达参数都在其测量范围内，其测量精度相当高，测量脉冲的宽度可精确到 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 、方位可精确到 $\pm 1^\circ$ 。电子干扰设备主要搭载在专用电子战飞机以及各类作战飞机上，前者用于实施电子进攻，后者主要用于自卫。电子战飞机搭载各类干扰吊舱对敌方实施防空压制、随队干扰等电子支援任务，机载自卫电子装备主要由侦察告警接收机、拖曳式诱饵等组成。

图 9：EA-6B 咆哮者电子战飞机及其 AN/ALQ-99 干扰吊舱



资料来源：互联网，中信建投研究发展部

国内从事电子对抗的单位主要包括中电科 29 所、航天科工 8511 所以及中船重工 723 所。中电科 29 所是我国最早建立、专业从事电子战技术研究、装备型号研制和生产的国家一类系统工程研究所，多年来一直承担着国家重点工程、国家重大基础、国家重大安全等工程任务，能够设计开发和生产陆、海、空、天、弹等各种平台的电子信息系统装备。航天科工 8511 所、中船重工 723 所分别为航天领域和舰艇领域专业电子对抗研究所。

表8：国内主要雷达研制生产单位

军工集团	研究所	概况
中电科	29 所	我国第一个电子对抗总体技术研究、装备研制与生产的研究所，占有 60% 以上的市场，产品覆盖陆海空天弹等多个领域，主要装备代表了国内电子对抗行业的最高水平。共有员工 5000 余人。
航天科工	8511 所	航天系统唯一的航天电子对抗总体所

中船重工 723 所 从事国防装备电子系统工程研制的国家重点科研事业单位，先后成功研制近百型国际、国内先进水平的大型电子系统工程装备，共有员工 1500 余人。

资料来源：各研究所官网，中信建投研究发展部

目前，我国电子对抗市场空间每年或将达 80 亿元以上，微波组件占比同样较大，年均市场空间或达 50 亿。根据上表中各雷达骨干研究所的营收推测，我国电子对抗市场年均空间或达 80 亿以上，其中仅中电 29 所在电子对抗领域的收入就在数十亿。随着未来战场环境日益复杂，电子对抗将日益受到重视，电子对抗装备的投入将持续上升，随着对电子对抗设备技术指标要求的提升，微波组件在电子对抗中的价值占比也将逐步提升，预计微波组件成本占电子对抗设备成本的 60% 以上，由此测算，微波组件在军用雷达领域年均市场空间将达 50 亿元。

2.2 民用市场：通信、ADAS 为主

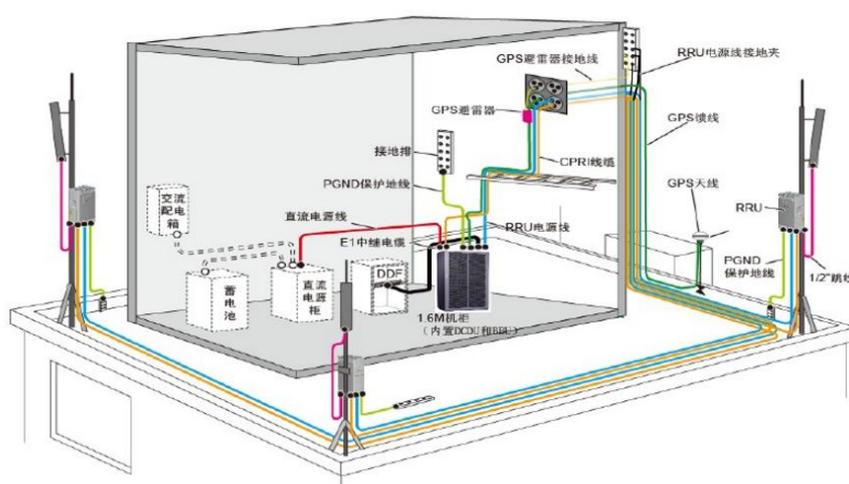
微波组件在民用市场的应用以通信、ADAS 为主。通信主要包括各大电信运营商的无线基站设备以及消费者的移动终端设备；在 ADAS 中的应用主要为汽车毫米波雷达。

2.2.1 通信：无线基站与移动终端需求量巨大

在无线通信领域，无线基站与移动终端之间进行通信的载体是微波，无线基站与移动终端均使用了大量的微波组件。

在 4G 通信中，一个无线基站主要设备包括 RRU（射频拉远单元）和 BBU（基带处理单元）。BBU 是基站的亟待处理单元，提供对外接口，完成系统的资源管理、操作维护和环境监测等功能；RRU 是与 BBU 一般通过光纤连接，RRU 负责将与 BBU 之间传输的光信号转化为射频信号，发送给天线并辐射到空间中。一个 BBU 可以支持多个 RRU。

图 10：通信基站构成示意图



资料来源：互联网，中信建投研究发展部

RRU 分为中频模块、收发信机模块、功放和滤波模块四大模块。数字中频模块用于光传输的调制解调、数

字上下变频、数模转换（A/D & D/A）等；收发信机模块完成中频信号到射频信号的变换；功放和滤波模块将射频信号放大、滤波后通过天线口发射出去。

图 11：RRU 功能组成

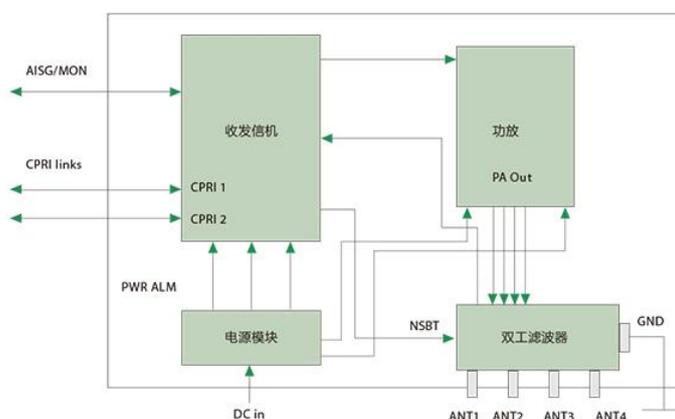
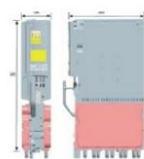


图 1 RRU 内部构成框图

资料来源：互联网，中信建投研究发展部

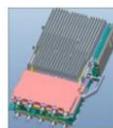
图 12：典型 RRU 产品及其参数



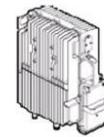
DRRU3168-fa



DRRU3161-fae



RRU3253



DRRU3152-e

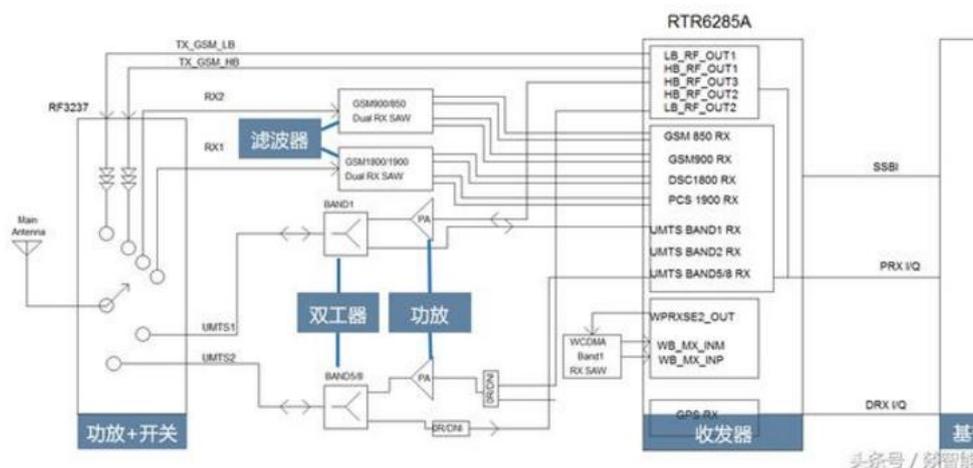
部件	频段	TDL单模规格	TDS/TDL双模规格	尺寸(mm) 高*宽*深	重量 (kg)	支持电源 类型	单通道最大发射 功率	滤波器带宽
DRRU3168-fa	FA	F:20M+10M+5M	FA:20M TDL+12C TDS	545*300*130	21	-48V DC	20w	F频段: 35M A频段: 15M
DRRU3161-fae	FA+E	F:20M+10M+5M E:20M*2+10M	FA:20M TDL+12C TDS E:2*20MTDL+6C TDS	390*210*135	10	-48V DC 220V AC	30w(FA)50w(E)	F频段: 35M A频段: 15M E频段: 50M
RRU3253	D	D:2*20M	-	545*300*130	21	-48V DC	16w	D频段: 40M
DRRU3152-e	E	E:2*20M+10M	E:2*20MTDL+6C TDS	390*210*135	10	-48V DC 220V AC	50w	E频段: 50M

资料来源：互联网，中信建投研究发展部

微波组件在基站中占比越来越高。在 2G 网络基站中，射频器件价值占整个基站价值的比重约为 4%，随着基站朝着小型化方向发展，3G 和 4G 技术中射频器件逐步提升至 6%~8%，部分基站这一比重可达 9%~10%。5G 时代射频器件的价值占比将会进一步提高。5G 时代基站射频器件的市场空间将超过 500 亿。

在移动终端通信系统中，射频前端是核心组件之一。移动终端中的射频器件主要包括功率放大器、双工器、射频开关、滤波器、低噪放大器等。射频前端的价值量从 2G 到 4G 不断提升，4G 时代平均成本(全频段)约 10 美元，4.5G 达到约 18 美元，预计 5G 将超过 50 美元。低功耗、高性能、低成本是其技术升级的主要驱动力。

图 13：手机射频部分组成



资料来源： 毅智能硬件开发网， 中信建投研究发展部

据 Yole 数据显示 2017 年手机射频前端市场规模 150 亿美元，预计 2023 年将达到 352 亿美元，2017~2023 年 CAGR 为 14%。滤波器市场规模最大。2017 年约 80 亿美元，预计 2023 年将达到 225 亿美元，2017~2023 年 CAGR=19%，主要来自于高频通信对 BAW 滤波器的需求增长。功率放大器市场规模位于第二位。2017 年达到 50 亿美元，预计 2023 年将达到 70 亿美元，高端 LTE PA 市场将保持增长，尤其是在高频和超高频段。射频开关市场规模位居第三位。2017 年射频开关市场空间为 10 亿美元，预计 2023 年将达到 30 亿美元。

化合物半导体迎来新机遇。Yole 数据显示 2016 年射频功率半导体(>3W)市场规模接近 15 亿美元，预计 2020 年将达到 26 亿美元；电信基础设施(包含基站、无线回传)射频功率半导体将占据一半的市场份额。2016 年 LDMOS、GaAs 器件市场占比较多，GaN 器件仅占比较 20%(>3W，不包括手机 PA)。Yole 数据显示 2017 年 GaN 射频器件市场规模约 3.8 亿美元，其中电信、军事领域的市场占比分别为 40%、38%。

射频前端集成化是必然趋势。集成化可以降低成本、提高性能。射频前端集成存在单片集成（SoC 片上系统）和混合集成（SiP 封装）两个发展方向。目前通过封装集成的形式更易实现，也是各大厂商重点着力的方向。

2.2.2 ADAS：普及率逐步提升，一辆汽车会装载“长+中+短”多个毫米波雷达

ADAS 高级驾驶辅助系统是利用安装在车上的各式各样传感器，在汽车行驶过程中随时来感应周围的环境，收集数据，进行静态、动态物体的辨识、侦测与追踪，并结合导航仪地图数据，进行系统的运算与分析，从而预先让驾驶者察觉到可能发生的危险，有效增加汽车驾驶的舒适性和安全性。在自动驾驶领域，主要覆盖 SAE L0~L2 级别范围，因此被普遍认为是实现自动驾驶的过渡性技术，常见的细分功能有车道偏离警示系统(LDW)、前向碰撞预警系统(FCW)、盲区监测系统(BSD)、变道辅助系统(LCA)、自适应巡航系统(ACC)、自动紧急制动(AEB)、自动泊车系统(APS)等。

ADAS 用到的主要传感器包括摄像头、雷达等，其中雷达包括毫米波雷达和激光雷达两大类。毫米波雷达分为远距离雷达(LRR)和近距离雷达(SRR)，由于毫米波在大气中衰减弱，所以可以探测感知到更远的距离，其中远距离雷达可以实现超过 200m 的感知与探测。毫米波雷达的多项优势，使其目前在汽车防撞传感器中占

比较大, 根据 IHS 的数据, 毫米波/微波雷达+摄像头在汽车防撞传感器中占比达到了 70%。同超声波雷达相比, 毫米波雷达具有体积小、质量轻和空间分辨率高的特点。与红外、激光、摄像头等光学传感器相比, 毫米波雷达穿透雾、烟、灰尘的能力强, 具有全天候全天的特点。另外, 毫米波雷达的抗干扰能力也优于其他车载传感器。

表9: ADAS 几种传感器对比

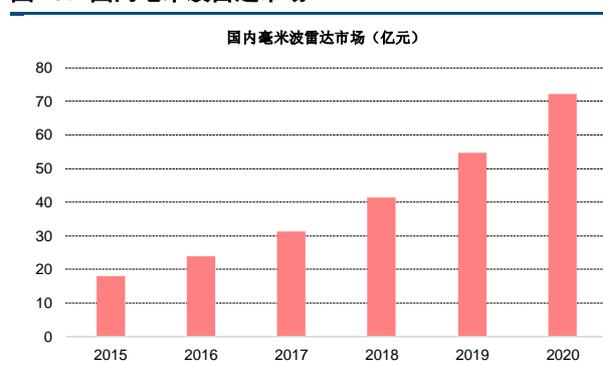
参数	毫米波雷达	超声波雷达	激光雷达	红外传感器	光学成像
最大作用距离 (米)	1000	15	300	35	无测距测速能力
径向运动探测	好	好	好	差	
切向运动探测	差	差	差	好	
测距	复杂	简单	简单	不能	
测角	较好	好	很好	不能	
环境限制	全天候	风、沙尘	雨	温度	光纤
成本	中	低	高	中	低
穿透性	好	较好	较差	差	差
优点	不受天气情况和夜间影响, 探测距离远	价格低, 数据处理简单, 体积小	测距精度高, 方向性强, 不受地面杂波干扰	成本低, 夜间不受影响	成本较低, 可实现道路目标的分辨与识别
缺点	成本高, 目标识别难度大, 可与摄像头互补使用	易受天气和温度影响, 最大测量距离较小	成本很高, 不能全天候工作。	会受天气影响	夜间无法工作, 易受天气影响

资料来源: 中信建投研究发展部

2015 年全球毫米波汽车雷达市场规模约为 19.4 亿美元, 预计 2018 年将达 34.7 亿美元, 到 2020 年全球毫米波雷达市场规模将超 50 亿美元。随着国内汽车消费结构升级, 无人驾驶汽车市场需求扩大, 国内毫米波雷达前后装市场需求爆发式增长。据统计数据显示, 2015 年中国毫米波雷达市场规模约为 18 亿元, 预计 2018 年将达到 41.4 亿元, 到 2020 年中国毫米波雷达或将超 72.1 亿元。

图 14: 全球毫米波雷达市场


资料来源: 中商产业研究院, 中信建投证券研究发展部

图 15: 国内毫米波雷达市场


资料来源: 中商产业研究院, 中信建投证券研究发展部

从频段上，由于 77GHz 比 24GHz 具有更小的波长，可进一步缩减天线尺寸，更便于安装部署。77GHz 频段带宽更大、探测距离更远、精度更高，正逐渐成为主流，但 24GHz 成本优势明显，将长期与 77GHz 互补共存。通常，为了满足不同距离范围的探测需要，一辆汽车上会安装多颗短程、中程和长程毫米波雷达。其中 24GHz 雷达系统主要实现近距离探测（SRR，60 米以下），77GHz 雷达系统主要实现中、长距离的探测（MRR,100 米左右；LRR，200 米以上）。

表10：ADAS 几种传感器对比

	短程雷达（SRR）	中程雷达（MRR）	长程雷达（LRR）
工作频段	24GHz	76~77GHz	77GHz
探测距离	<60m	100m 左右	>200m
盲点识别（BSD）	√	√	
变道辅助（LCA）	√	√	
后方穿越车辆预警（RCW）	√	√	
自动代客泊车（AVP）	√	√	
倒车车侧警示系统（CTA）	√	√	
驻车开门辅助（VEA）	√		
主动车道控制（ALC）	√	√	
自适应巡航（ACC）		√	√
前方碰撞预警（FCW）		√	√
自动紧急制动（AEB）		√	√
行人监测系统（PDS）	√	√	

资料来源：麦姆斯咨询，中信建投研究发展部

随着 ADAS 普及率的提升，要能够全方位覆盖汽车周围环境的感测，一辆汽车会装载“长+中+短”多颗毫米波雷达，预计未来单车采用毫米波雷达的平均数量将继续增长，到了最终 L5 级自动驾驶阶段甚至超过 10 颗。以奔驰 S 级为例，其采用 6 颗毫米波雷达（1 长+1 中+4 短），包括前向双模长程毫米波雷达 1 颗，后向中远程毫米波雷达 1 颗，前/后保险杠左右短程雷达共 4 颗，“短程+中程+长程”毫米波雷达三者结合在一起共同完成自适应巡航（ACC）、自动紧急制动（AEB）、前方/后方碰撞预警（FCW/BCW）、变道辅助（LCA）、盲点检测（BSD）、倒车辅助（BPA）、泊车辅助（PA）等多种 ADAS 功能。

毫米波雷达主要包括雷达射频前端、信号处理系统、后端算法三部分。在现有的产品中，雷达后端算法的专利授权费用约占成本的 50%，射频前端约占成本的 40%，信号处理系统约占成本的 10%。

在前端收发组件，高集成化的 MMIC 成为了主流，在工艺上先是 SiGe 替代了 GaAs，当前正慢慢朝 CMOS 方向发展。前端收发组件是毫米波雷达的核心射频部分，负责毫米波信号调制、发射、接收以及回波信号的解调。车载雷达要求前端收发组件具有体积小、成本低、稳定性好等特点，最可行方法就是将前端收发组件集成化。早期的 MMIC 主要采用化合物半导体工艺，如砷化镓（GaAs）、磷化铟（InP）等。化合物半导体具有大的禁带宽度、高的电子迁移率和击穿场强等优点，但缺点是集成度不高且价格昂贵。所以，近十几年来低成本、集成度高的硅基（CMOS、SiGe BiCMOS 等）MMIC 发展迅速。利用 CMOS 工艺，不仅可将 MMIC 做得更小，甚至可以与微控制单元（MCU）和数字信号处理（DSP）集成在一起，实现更高的集成度。

2.3 军民融合性：从频率功率区分逐渐走向融合

对于微波组件，军民用技术从原理上是相通的，但涉及到具体应用，对微波组件的需求各不相同，因此造成了军民分立的局面。例如，军品一般要求发射功率高以更远的探测目标，这是其设计的出发点，而民用更多的讲究效率；另外频率上也有所不同，军用为了抗干扰，工作带宽越来越高，而民用一般还是窄带。另外，民用主要强调的是成本，而军品对成本并不敏感。

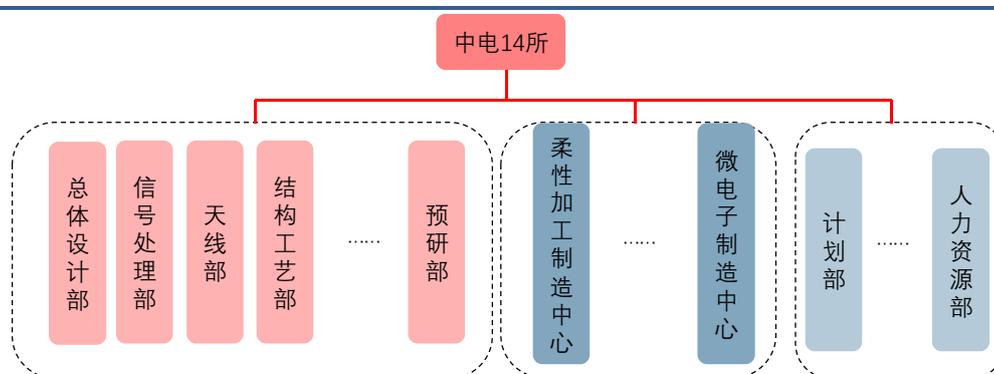
随着未来技术的发展，军民用相似性越来越多，频率、功率、低成本等要求趋同。未来军民融合是大势所趋。以美国著名公司 Qorvo 为例，其主要做基站 PA，也为军工雷达供功放 MMIC 等，应用在舰载、机载和陆基雷达系统以及通信和电子战系统中。

三、微波组件产业链与竞争格局：军品以央企为主，民品以进口为主

3.1 军品竞争格局：军品以央企为主体，民营企业依靠特色技术占据部分市场

我国主要的雷达、导引头、电子对抗等相关研制单位均有一定微波组件研制生产能力。以中电 14 所为例，14 所的组织架构可以分为多个研发部门、生产部门以及管理部门，其中研发部门包括总体设计部、系统部、信号处理部、天线部、结构工艺部以及预研部等；生产部门包括柔性加工制造中心、微电子制造中心等，其中微电子制造中心主要从事微波组件的生产，主要为微波电路、T/R 组件生产线，拥有完整的厚膜、薄膜、LTCC 工艺生产线和表面组装生产线，可以生产大部分所需要的微波组件，但部分上游产品仍然需要外购。

图 16：中电 14 所组织架构



资料来源：中信建投研究发展部

整机企业外购微波组件主要来自中电 13 所和 55 所。中电 13 所和 55 所是我国从事半导体技术研究历史最长、规模最大、专业结构配套齐全的骨干研究所，在微波组件领域尤其是半导体微波器件/芯片领域占据国内龙头地位。中电 13 所、55 所的下游几乎覆盖全部军工雷达、通信以及电子对抗相关研制生产单位，综合实力最强，市场占有率最高，在营业收入方面，遥遥领先于竞争对手。

中电 13 所是我国规模较大、技术力量雄厚、专业结构配套合理的综合性半导体研究所，在半导体领域先后创造了 54 项国内第一，如中国第一只锗合金晶体管（1956 年）、第一只硅超高频晶体管和第一块硅集成电路（1965 年）、第一块砷化镓集成电路（1982 年）、第一只宽禁带氮化镓功率器件（2004 年）等，产品包括射频/微波毫米波半导体器件及集成芯片、射频/微波毫米波混合集成电路、射频/微波毫米波小型化模块集成模块、复杂组件和小整机等等。

中电 55 所主要从事固态功率器件、微波毫米波模块电路等专业技术的研发和生产，在固态器件领域，建立一、二、三代半导体的自主发展体系，形成了从设计、工艺到封装、测试，从材料、芯片到模块、组件的完整产品链，推动军用关键元器件的国产化自主保障能力全面提升。

表11：中电 13 所和 55 所主要经济指标

主要经济指标	
中电 13 所	2016 年营业收入 50.8 亿，利润总额 5 亿； 2018 年营业收入预计达 80 亿左右。

中电 55 所 2017 年营业收入超过 50 亿元；
 2018 年预计将达 60 亿元左右。

资料来源：中信建投研究发展部

民营企业依靠特色技术和低成本优势占据部分市场。虽然雷达、电子对抗等总体研制单位也有微波组件研制生产能力，但由于其型号众多，相关微波组件任务需要外协外购，另外中电 13 所、55 所一般聚焦于通用的微波组件研制生产，无法满足下游多样化的定制需求，在此条件下，不少民营企业依靠特色技术与成本优势占据了部分市场，成为了下游雷达、电子对抗等企事业单位的供应商。

民营企业一般对应的客户范围较窄，收入规模相对较小。从事微波组件相关业务的民营企业包括亚光电子（亚光科技子公司）、南京恒电（盛路通信子公司）、成都创新达（盛路通信子公司）、星波通信（红相股份子公司）、北京麦克斯韦（景嘉微子公司）、苏州博海（雷科防务子公司）、肯立科技、南京誉葆、成都雷电微力等。

表12：微波组件领域民参军企业概况

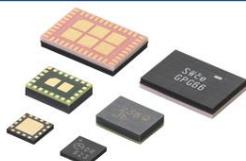
	优势领域	2017 营业收入	2017 毛利率	2017 净利润
亚光电子	频带覆盖全，产品全覆盖，LTCC、MCM、SIP、SOC 和 MEMS 等工艺齐全	未披露	未披露	1.66
南京恒电	宽带上下变频组件等	2.56	61.14%	1.10
成都创新达	各类定制化微波组件	0.82	/	0.33
星波通信	滤波器、频率综合器	未披露	未披露	0.56
北京麦克斯韦	弹载雷达微波射频前端，空中防撞系统组件	0.48	85.63%	/
苏州博海	相控阵前端微波电路设计、LTCC 工艺	0.39	/	0.16
肯立科技	集成化微波与毫米波变频组件	0.31	67.74%	0.08

资料来源：公司公告，中信建投研究发展部

3.2 民品竞争格局：民品以进口为主，军转民市场空间巨大

在无线通信的移动终端领域，微波组件中滤波器、功放、射频开关占据主要市场，其中滤波器的主要供应商为村田、TDK、太阳诱电、Skyworks、Qorvo、博通等，国内滤波器的供应商包括麦捷科技、德清华莹和好达电子等；功放市场绝大部分份额被 Skyworks、Qorvo、Broadcom 占据，前三者市占率达 92%，国内设计公司有近 20 家，主要有汉天下、唯捷创芯、紫光展锐、中普微等，国内晶圆代工厂商主要有三安光电、海特高新。集成化可以降低成本、提高性能，未来射频前端集成化是必然趋势，Broadcom、Qorvo、Skyworks、村田、TDK 不仅供应元器件还具有模组整合能力，将在集中度很高的市场中进一步确立优势。另外，随着基带厂商也进入射频前端领域，行业竞争更加激烈。

图 17：村田射频前端一体化模组



资料来源：村田公司官网，中信建投研究发展部

基站最主要的射频器件为滤波器和功放，基站滤波器相关上市公司包括武汉凡谷、大富科技、东山精密，功放主要依赖进口。基站芯片的成熟度和高可靠性和消费级芯片不可同日而语，从开始试用到批量使用需要两年以上的时间，目前在基站射频领域，主要是 Qorvo、Skyworks 等厂商。

表13：通信领域微波组件供应商概况

	主要产品	2017 营业收入 (亿元)	2017 净利润 (亿元)
村田	滤波器、陶瓷电容器、射频开关、电感器、射频模组、LTCC、时钟元件、声音元件	843.00	89.77
TDK	电容器、电感器、滤波器、射频模组、光学器件、电源模块	781.49	39.00
太阳诱电	陶瓷电容器、电感器、滤波器、传感器、射频模组	150.01	10.05
Skyworks	放大器、衰减器、滤波器、混频器、射频前端、低噪放、调制器	261.00	61.97
Qorvo	用于终端的滤波器、功放、低噪放、开关、射频模组，用于基站、雷达等的 GaN/GaAs CMOS 器件	200.64	-2.72
Broadcom	射频前端模组、滤波器、功放、有线基础设施、存储设备等	1190.01	114.17
汉天下	射频前端芯片、射频 SoC 芯片	6	/
唯捷创芯	功放、射频开关、射频前端	/	/
紫光展锐	移动终端基带芯片、射频芯片	/	/
武汉凡谷	滤波器、双工器	14.25	-5.14
大富科技	滤波器等射频器件、射频结构件等	17.79	-5.25

资料来源：公司公告，中信建投研究发展部

在汽车毫米波雷达领域，毫米波雷达的关键技术依然被传统汽车零部件公司的典型代表“ABCD”公司等巨头垄断，“ABCD”公司分别指的是奥托立夫 Autoliv、博世 Bosch、大陆 Continental、德尔福 Delphi，其中 Autoliv 占据 15~20% 的市场份额。而前端单片微波集成电路作为毫米波雷达的关键部件，也仅掌握在英飞凌、意法半导体、恩智浦/飞思卡尔、德州仪器等少数国外芯片厂商手中。目前国内的理工雷科、行易道、森斯泰克等很多企业已经逐步实现 77GHz 毫米波雷达的量产，开始和国内整车厂展开合作，并占有了部分国内市场份额。

表14：汽车毫米波雷达供应商及其主要产品

汽车毫米波雷达产品	
英飞凌	77GHz 汽车远程雷达系统、24GHz 汽车近/中程雷达系统
意法半导体	毫米波雷达芯片
恩智浦	高度集成的 77GHz CMOS 雷达单芯片、毫米波雷达系统
德州仪器	77GHz 前置远距雷达
理工雷科	77GHz 毫米波雷达系统
行易道	77GHz 毫米波雷达系统
森斯泰克	24GHz 毫米波雷达系统、77GHz 毫米波雷达系统

资料来源：公司官网，中信建投研究发展部

四、行业发展趋势：垂直整合与专业化整合并存

4.1 行业现状：供给侧分散、军民融合程度不足

我国微波组件供应商较为分散，除了体量较大的中电 13、55 所外，其余规模都较小。微波组件是雷达、电子对抗等的核心部分，一般主机厂都会从事微波组件的研制生产，上游芯片等产品或主机厂自身能力不足的地方需要外协外购，但部分主机厂自身微波组件基础能力较弱。军用微波组件供应商以中电 13 所、55 所为主，两个研究所为微波半导体领域的龙头企业，主要聚焦于军品，国家投入较大，起步也较早，技术水平和产能处于龙头地位。除亚光科技之外的民营企业，经营规模较小，客户较为集中，规模效应不突出，研发投入也存在不足。

我国微波组件领域军民分立现象较为突出。微波组件从技术上看是相通的，之前由于军品、民品技术特点不同导致分成了两个市场，但随着军民技术的共同发展，两者共同点越来越多，但我国在微波组件领域的军民融合发展并不理想。军工企业一般聚焦于军品，且对成本不敏感，极少向民品转化；从事民品的企业或因需求了解不充分等原因，一般并不涉及军品。

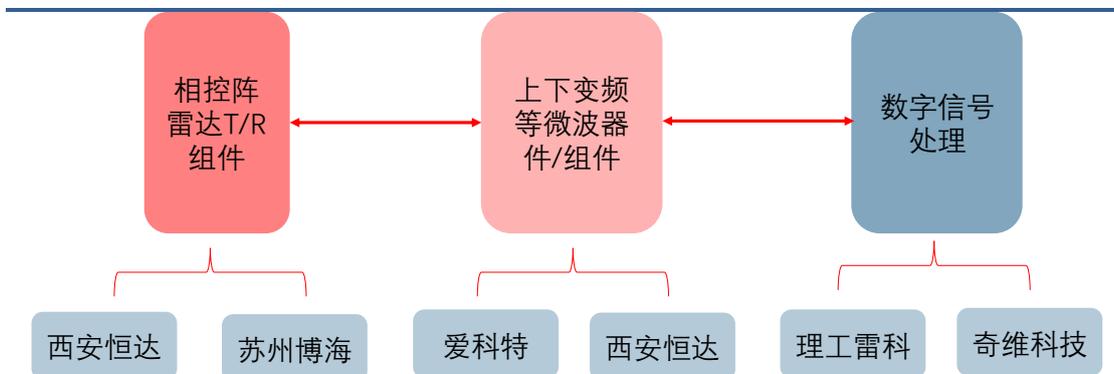
4.2 未来发展：垂直整合与专业化整合并存，军民融合为大势所趋

对于军用微波组件领域，垂直整合和专业化整合并存。

下游企业通过垂直整合微波组件厂商可提升对上游产业链掌控能力。在军用雷达、通信与电子对抗领域，微波组件性能对整机性能的影响是非常关键的，且微波组件在整机中的价值占比越来越高。下游企业通过收购上游微波组件企业，一方面可以通过下游需求牵引带动微波组件厂商技术进步，另一方面，下游企业通过掌握微波组件上游供应，降低整机产品成本，提升产品竞争力，实现协同效应。

以雷科防务为例，其子公司理工雷科擅长的是雷达总体设计与雷达信号处理技术，而雷达信号处理仅占雷达价值的 20%左右，通过收购苏州博海、西安恒达可基本实现雷达全产业链覆盖。收购完成后，雷科防务自产部分可占雷达整机价值的 80%以上，大幅提升了雷科防务在雷达领域的竞争力，并提升盈利能力。

图 18：雷科防务雷达产业链布局

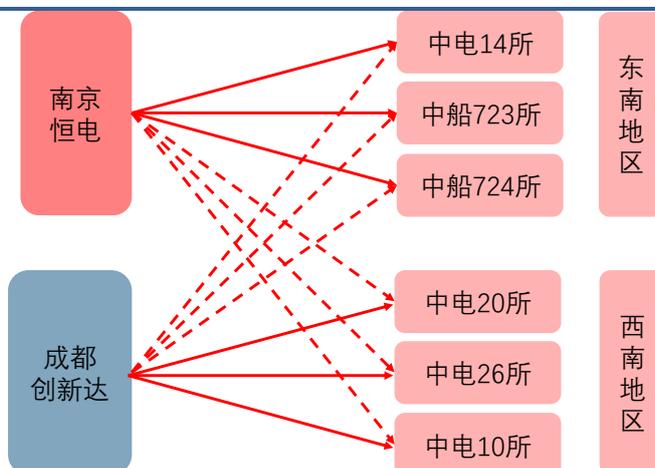


资料来源：雷科防务公告，中信建投研究发展部

微波组件企业通过专业化整合可以共享核心技术与客户资源，实现协同效应与规模效应，从而提升企业竞

争力。例如，盛路通信收购南京恒电和成都创新达，两者在微波组件定位类似，但客户各有不同，通过此次整合，两者可以共享客户资源，并开展合作研发，减少重复投入，提高企业效益。

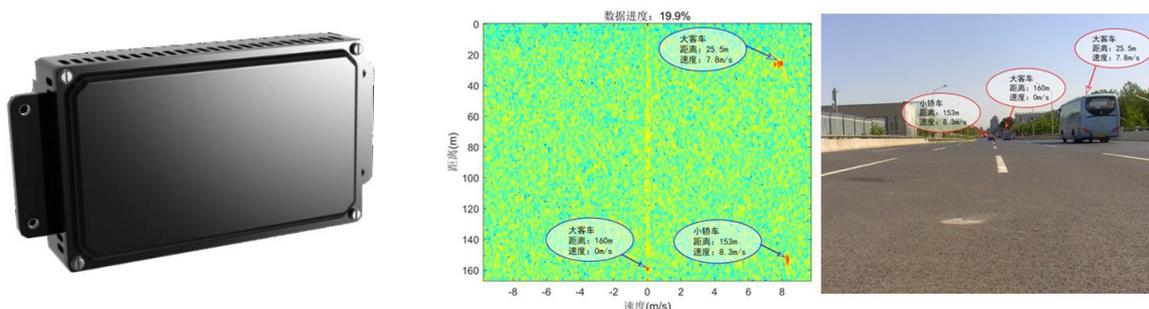
图 19：盛路通信子公司南京恒电与成都创新达的客户资源共享



资料来源：中信建投研究发展部

微波组件领域的军民融合也将成为大势所趋。亚光科技的华光瑞芯用于 5G 通信的毫米波功率放大器研制成功，GaN 功率放大器成功小批量量产，为未来进军 5G 通信奠定基础；南京恒电已加强在 5G 通信领域的研发力度，利用多年积累的军品技术开发出的 5G 毫米波相控阵天线技术，未来可在 5G 通信基站、智慧城市、智能家居、无人机、车辆无人驾驶系统、物联网、卫星通信等领域广泛应用；雷科防务利用其雷达信号处理领域优势研制了汽车毫米波雷达，目前已经进入百度 Apollo 硬件开发平台。

图 20：雷科防务汽车防撞雷达



资料来源：理工雷科官网，中信建投研究发展部

五、投资机会分析：军民市场需求旺盛，关注头部企业

5.1 微波组件军用需求旺盛，民用自主可控空间广阔

军用微波组件主要服务于雷达、通信、电子对抗等信息化装备，受益于国防信息化建设以及未来战争对制电磁权争夺的日益激烈，微波组件市场将保持较高增速。一方面，国防信息化为军队建设重点，未来将持续享受较高行业增速，带动军用微波组件行业快速发展；另一方面，随着未来战争对制电磁权争夺的日益激烈，雷达、通信、电子对抗等装备对微波组件提出更高要求，微波组件价值占比将进一步提升。

以军用雷达为例，隐身与电子干扰技术的进化推动雷达技术进步，有源相控阵雷达乃至数字相控阵雷达将成为未来发展趋势，对微波组件需求日益增加。隐身目标如 F-22、F-35、B-2 的出现对现有雷达提出严峻挑战，现有雷达若想达到对 F-22 等实现与对 F-15、F-16 等非隐身飞机相同的探测距离，在其他参数不变的条件下，需要将雷达发射功率提升上百倍，这就需要大幅提升有源相控阵雷达每个 T/R 组件的发射功率以及增加 T/R 数量。电子干扰对军用雷达构成了极大的威胁，为了实现更强的电子对抗能力，数字相控阵雷达将成为重要发展趋势之一，数字相控阵雷达与常规有源相控阵雷达相比，每个 T/R 组件后面都要增加上下变频组件与 AD 器件，大幅增加了上下变频组件的需求。

随着 5G 建设的启动，无线通信领域对微波组件的需求将大幅提升，国产化率提升也将是大势所趋。无论是在基站还是在终端，微波组件主要依赖进口，尤其是在有源器件领域，PA 比滤波器等无源器件更依赖进口，未来军用技术有望转化提升通信用微波组件的国产化率。近年来 ADAS 市场增长迅速，汽车毫米波雷达需求旺盛。国内企业逐步打破国外厂商对汽车毫米波雷达的垄断，但在毫米波雷达射频前端领域，国产化替代仍需进一步突破。

5.2 重点关注技术优势突出、军民融合潜力较大的头部企业

在投资标的选择上，建议重点关注技术优势突出、军民融合潜力较大的头部企业。一方面，头部企业规模较大，能够持续保持研发投入，保证技术的先进性；另一方面，随着军民融合的深入推进，头部企业有望打破传统较为封闭的军工产业格局，从而获得更高的市场份额，另外头部企业也有望在民用领域有所突破，进入更为广阔的市场。建议重点关注：亚光科技、盛路通信、航天发展等。

5.2.1 亚光科技：老牌微波组件厂，湖南资产拟战略入股，大股东股权质押压力获缓解

军工电子业务行业地位突出，保持较快增长

控股子公司亚光电子是我国军用微波电路的主要生产定点厂家，与中国电科两家研究所并称为“两所一厂”，亚光电子在微波集成电路、射频芯片和微电子技术与产品领域底蕴深厚，在 LTCC、MCM、SIP、SOC 和 MEMS 等微波电路前沿技术领域都有一定建树，产品覆盖频率从数十 MHz 到 100GHz，广泛应用于军用雷达、电子对抗、通信导航、遥感遥测等，实现了微波频段、微波产品、应用平台全覆盖，客户包含了各大军工集团下属单位等 200 多家客户。

2018 年上半年亚光电子新签订单同比增长超过 100%，业绩有望保持快速增长。信息化是国防军工的重点发展方向之一，军工电子业务增速有望高于军工行业平均增速；公司通过与三安光电合作实现微波集成电路流片的自主可控，有望大幅降低产品成本，提升毛利率；当前，公司的市场份额与“两所”相比差距较大，而公

司改制为民营企业在体制机制上具有一定优势，未来通过核心芯片自主可控进一步提升核心竞争力，市场份额有望获得提升。从上述三个因素看，公司业绩有望保持快速增长。按公司业绩承诺来看，未来两年公司的业绩复合增长率高达 40%。

积极拓展民用市场，有望受益于 5G 通信的快速发展

公司前瞻布局 5G 通信领域，实现军用技术转化。2017 年，公司用于通信的毫米波功率放大器研制成功，GaN 功率放大器实现小批量量产，在民用 5G 芯片领域的研发取得进一步发展。5G 所用到的 MIMO、波束成形、载波聚合、毫米波等关键技术直接推动射频前端芯片市场成长。未来 2~3 年，5G 通信市场将迎来快速发展，公司有望受益。

2018 年年底，公司与长沙高新技术产业开发区管理委员会在湖南省长沙市签订了《项目投资建设合同》，拟在长沙高新技术产业开发区投资微波混合集成电路研发、制造平台等项目的生产厂房、技术研究中心、产品设计中心及相关附属配套设施等，主要生产 5G 通信配套产品（BBU 控制单元、RRU 射频单元和定向天线等）和微波集成电路芯片、模块、组建及分系统等，预计项目总投资 10 亿元，由高开区管委会负责募集。**亚光（长沙）集成电路产业园项目的推动有望有利于拓展公司 5G 通信相关民品业务，进一步提升公司的市场竞争实力和持续盈利能力。**

引进湖南资产作为战投，缓解大股东质押压力

1 月 15 日，公司控股股东太阳鸟控股与湖南资产协商一致，协同财富证券有限责任公司、湖南省财信产业基金管理有限公司、湖南省信托有限责任公司、吉祥人寿保险股份有限公司，与太阳鸟和亚光科技建立战略合作关系，实现互利共赢。

湖南财信金融控股集团有限公司是经湖南省人民政府批准组建的国有独资公司，系湖南省唯一的省级地方金融控股平台。湖南资产作为财信金控集团的全资子公司，将其现有业务资源整合，积极与亚光科技对接，并充分利用财信金控集团的全金融牌照业务优势，根据亚光科技对金融服务的需求为其在产业整合、并购重组、订单融资及 5G 项目等业务发展方面提供全面支持和协作。

太阳鸟控股拟将其持有的公司 3760 万股股份转让给湖南资产，转让完成后，湖南资产管理将持有公司 6.72% 股份。本次交易的转让总价为 3.2 亿元，每股转让价格为 8.51 元人民币。**此次股权转让将大大缓解太阳鸟控股的股权质押压力。**

回购股份提升市场信心，用以实施股权激励

基于对公司未来发展前景的信心和公司内在价值的认可，增强投资者对公司的投资信心，公司择机回购部分公司股份，用于实施股权激励计划、员工持股计划。公司拟回购的资金总额不低于人民币 1.5 亿元，不超过人民币 3 亿元，按回购金额上限 3 亿元、回购价格上限 12 元/股进行测算，预计回购股份总数约为 2500 万股，占公司当前总股本 4.47%。

盈利预测与投资评级：军工电子业务有望保持快速增长，军转民市场广阔，维持增持评级

公司军工电子业务底蕴深厚，市场份额与毛利率均有较大提升空间，业绩有望保持快速增长；军转民市场空间广阔，有望受益于 5G 建设的快速发展；控股股东股权质押风险获得大幅缓解，回购股份提升市场信心。预计公司 2018 年至 2020 年的归母净利润分别为 1.84、2.80、3.96 亿元，同比增长 91.07%、51.64%、41.69%，EPS

分别为 0.36、0.53、0.73，对应当前股价 PE 分别为 31、20、14 倍，维持增持评级。

5.2.2 盛路通信：收购成都创新达实现横向整合，军转民进军 5G 空间广阔

子公司南京恒电技术优势突出，业绩持续高增长

公司于 2015 年完成对南京恒电的收购，进军军用微波混合集成电路领域。南京恒电一直致力于微波混合集成电路相关技术在机载、舰载、弹载等多种武器平台上的应用，产品主要为雷达、电子对抗和通信系统提供配套。经过十余年的发展，南京恒电各项军工资质齐全，研发实力突出，凭借覆盖频段宽、功能多、可靠性高、结构小型化、高性能的特点，南京恒电设计并生产的微波电路及微波组件赢得了客户的高度认可，产品竞争优势显著，在国内微波市场积累了良好的信誉，与多家航空、电子、兵器等系统厂家建立了稳定的战略合作关系。南京恒电 2015~2017 年分别实现扣非后的归母净利润分别为 0.51、0.89 和 1.09 亿，业绩持续高增长。

现金收购成都创新达，将与南京恒电形成协同效应

2018 年，公司以 5.85 亿收购成都创新达公司 100% 股权。成都创新达自设立以来，始终致力于微波技术在军工、航天领域的发展与应用，产品在多项国家重点项目及装备上得到应用。公司在微波领域积累了深厚的技术底蕴，建立了涵盖微波电路专业化设计、微组装技术、微波组件互连技术、密封技术全工序的技术体系，其微波产品的集成度可以达到系统级水平，工艺水平位于行业前列。成都创新达与南京恒电在大规模微波混合集成电路、模块集成电路的研究和开发上实现双方的资源整合和优势互补，能有效发挥双方在技术研发、产业链、市场渠道等方面的协同效应。成都创新达业绩承诺为 2018~2020 年累积净利润不少于 1.32 亿。

积极布局 5G 通信领域，汽车电子取得大车企一级供应商资格

公司通信领域民用通信天线及射频器件业务规模处于行业领先地位，是国内最先进的民用通信天线设备制造商之一，并与中国联通、中国移动、华为等客户建立起稳固的战略合作关系，在未来 5G 通信时代占据一席之地；公司凭借子公司南京恒电在有源相控阵、大规模微波混合集成电路的经验，结合 5G 通信网络技术的发展，成功研发的 5G 毫米波有源相控阵天线首版产品，在工业和信息化部指导的 5G 应用大赛中获得二等奖，在业内取得良好反响。

子公司合正电子取得东风日产的一级供应商资格，并已开始为双方合作车型配套供应 USB 车充等一系列汽车电子产品，新建行业最先进的 NPM-W 双轨 SMT 智造线，提高了产能，具备为高端客户提供高要求、高精度产品服务能力。

盈利预测与投资评级：横向并购提升微波组件竞争力，军民共进驱动业绩增长，暂不评级

公司通过横向并购成都创新达，进一步提升在军用微波组件领域的竞争力；天线业务将受益于 5G 通信的快速发展；汽车电子领域配套层级提升，有望提升盈利能力。预计公司 2018 年至 2020 年的归母净利润分别为 1.55、2.31、2.70 亿元，同比增长 53.46%、49.03%、16.88%，EPS 分别为 0.20、0.30、0.35，对应当前股价 PE 分别为 41、27、23 倍。

5.2.3 航天发展：电子蓝军与网络安全业务保持较快增长，微系统研究院前景广阔

实战化训练提出构建复杂战场环境要求，电子蓝军业务将维持快速增长

根据习主席对军队“能打仗、打胜仗”的要求，军队装备建设将更加重视复杂电磁环境等实战条件下的战

技指标考核要求，由此催生了实战化条件下复杂电磁环境仿真构建的巨大需求，对电子蓝军设备系统的需求日益强烈，预计将维持高速增长。公司收购江苏大洋 65%的股权，涉足下游靶船总体领域，进一步提升盈利能力。

收购锐安科技、壹进制与航天开元，布局网络安全领域

2018 年 12 月，公司完成了对锐安科技 44%股权、壹进制 100%股权和航天开元 100%股权的收购，将主营业务将延伸至网络信息安全、数据采集分析、数据保护及安全存储、政务管理信息化等领域。锐安科技作为一家为公安、网信、运营商等提供产品和服务的公司，对公安、网信、运营商等部门需求有深入的了解与掌握，与政府相关部门建立了长期稳定的合作关系；壹进制在数据保护和业务连续性保障方面拥有核心技术，可有效应对勒索病毒等各类恶意软件、人为因素和系统故障造成的数据丢失和业务中断，积累在医疗卫生和教育行业；航天开元一直致力于国家党政军机关和企事业单位政务管理信息化建设，提供加密网络建设和文件加密传输整体解决方案。网络安全行业处于高景气阶段，未来三家子公司业绩有望维持较快增长。

设立子公司微系统研究院布局微波组件领域，有望充分发挥公司的资源背景与市场优势

为抓住微系统产业发展有利契机，公司联合公司控股股东航天科工下属北京华航无线电测量研究所、智慧海派科技有限公司、南京航智投资管理中心及公司子公司南京长峰、重庆金美共同在南京投资新设微系统研究院，推进微系统产业发展，公司及其子公司共出资 8.85 亿，占 88.5%股权。该研究院未来将主要从事军用领域以及民用通信和物联网领域中芯片、器件、组件和微系统的研制与生产，充分发挥公司作为军工企业的资源背景和市场优势，未来有望成为成为航天科工集团微系统领域的支撑单位。

盈利预测与投资评级：电子蓝军与网络安全业务保持较快增长，微系统研究院前景广阔，暂不评级

公司电子蓝军、网络安全业务处于高景气阶段，业绩有望维持较快增长；设立子公司微系统研究院布局微波组件领域，有望充分发挥公司的资源背景与市场优势，市场空间广阔。预计公司 2018 年至 2020 年的归母净利润分别为 4.30、5.67、6.86 亿元，同比增长 55.80%、22.01%、20.96%，EPS 分别为 0.27、0.35、0.43，对应当前股价 PE 分别为 34、28、23 倍。

分析师介绍

黎韬扬：北京大学硕士，军工行业首席分析师。2015-2017 年新财富军工行业第一名团队核心成员，2015-2016 年水晶球军工行业第一名团队核心成员，2017 年水晶球军工行业第二名，2015-2016 年 Wind 军工行业第一名团队核心成员，2017 年 Wind 军工行业第二名，2016 年保险资管最受欢迎分析师第一名团队核心成员，2017 年保险资管最受欢迎分析师第二名。

研究助理：鲍学博，清华大学电子系本科，航天二院硕士，6 年航天总体单位工作经验。2017 年新财富军工行业第一名团队成员，2017 年水晶球军工行业第二名团队核心成员。

研究服务

机构销售负责人

赵海兰 010-85130909 zhaohailan@csc.com.cn

保险组

张博 010-85130905 zhangbo@csc.com.cn

杨曦 -85130968 yangxi@csc.com.cn

郭洁 -85130212 guojie@csc.com.cn

郭畅 010-65608482 guochang@csc.com.cn

张勇 010-86451312 zhangyongzgs@csc.com.cn

高思雨 gaosiyu@csc.com.cn

王罡 021-68821600-11 wanggangbj@csc.com.cn

张宇 010-86451497 zhangyuyf@csc.com.cn

北京公募组

朱燕 85156403 zhuyan@csc.com.cn

任师蕙 010-8515-9274 renshihui@csc.com.cn

黄杉 010-85156350 huangshan@csc.com.cn

杨济谦 010-86451442 yangjiqian@csc.com.cn

私募业务组

赵倩 010-85159313 zhaopian@csc.com.cn

上海销售组

李祉瑶 010-85130464 lizhiyao@csc.com.cn

黄方禅 021-68821615 huangfangchan@csc.com.cn

戴悦放 021-68821617 daiyuefang@csc.com.cn

翁起帆 021-68821600 wengqifan@csc.com.cn

李星星 021-68821600-859 lixingxing@csc.com.cn

范亚楠 021-68821600-857 fanyanan@csc.com.cn

李绮琦 021-68821867 liqiqi@csc.com.cn

薛姣 xuejiao@csc.com.cn

许敏 021-68821600-828 xuminzgs@csc.com.cn

深广销售组

张苗苗 020-38381071 zhangmiaomiao@csc.com.cn

许舒枫 0755-23953843 xushufeng@csc.com.cn

程一天 0755-82521369 chengyitian@csc.com.cn

曹莹 0755-82521369 caoyingzgs@csc.com.cn

廖成涛 0755-22663051 liaochengtao@csc.com.cn

陈培楷 020-38381989 chenpeikai@csc.com.cn

评级说明

以上证指数或者深证综指的涨跌幅为基准。

买入：未来 6 个月内相对超出市场表现 15% 以上；

增持：未来 6 个月内相对超出市场表现 5—15%；

中性：未来 6 个月内相对市场表现在-5—5% 之间；

减持：未来 6 个月内相对弱于市场表现 5—15%；

卖出：未来 6 个月内相对弱于市场表现 15% 以上。

重要声明

本报告仅供本公司的客户使用，本公司不会仅因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，但本公司及研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，也不保证本报告所包含的信息或建议在本报告发出后不会发生任何变更，且本报告中的资料、意见和预测均仅反映本报告发布时的资料、意见和预测，可能在随后会作出调整。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，不构成投资者在投资、法律、会计或税务等方面的最终操作建议。本公司不就报告中的内容对投资者作出的最终操作建议做任何担保，没有任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺。投资者应自主作出投资决策并自行承担投资风险，据本报告做出的任何决策与本公司和本报告作者无关。

在法律允许的情况下，本公司及其关联机构可能会持有本报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或类似的金融服务。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布本报告。任何机构和个人如引用、刊发本报告，须同时注明出处为中信建投证券研究发展部，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和/或修改。

本公司具备证券投资咨询业务资格，且本文作者为在中国证券业协会登记注册的证券分析师，以勤勉尽责的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰地反映了作者的研究观点。本文作者不曾也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

股市有风险，入市需谨慎。

中信建投证券研究发展部

北京

东城区朝内大街 2 号凯恒中心 B 座 12 层（邮编：100010）
电话：(8610) 8513-0588
传真：(8610) 6560-8446

上海

浦东新区浦东南路 528 号上海证券大厦北塔 22 楼 2201 室（邮编：200120）
电话：(8621) 6882-1612
传真：(8621) 6882-1622

深圳

福田区益田路 6003 号荣超商务中心 B 座 22 层（邮编：518035）
电话：(0755) 8252-1369
传真：(0755) 2395-3859