

2022年10月19日



中航证券有限公司  
AVIC SECURITIES CO., LTD.

## 国防信息之魂，现代战争之眼——军用雷达产业深度报告

---

行业评级：增持

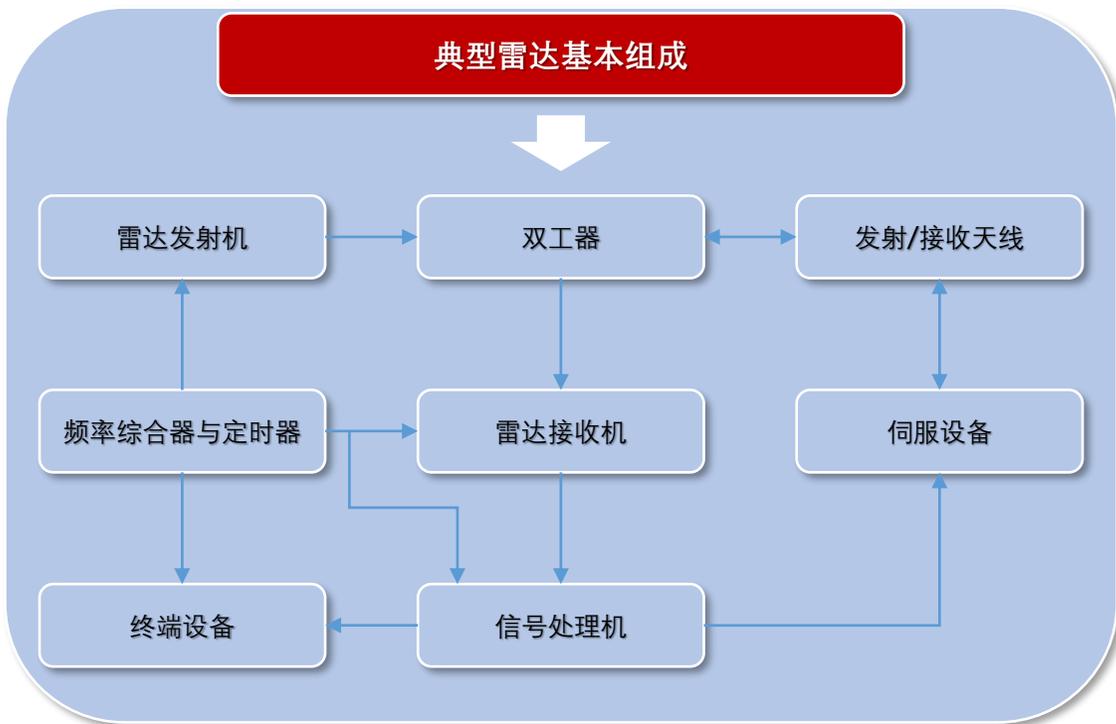
分析师：魏永  
证券执业证书号：S0640520030002  
邮箱：weiy@avicsec.com

# 引言——军用雷达：国防信息化重要组成，攻防兼备电子之眼

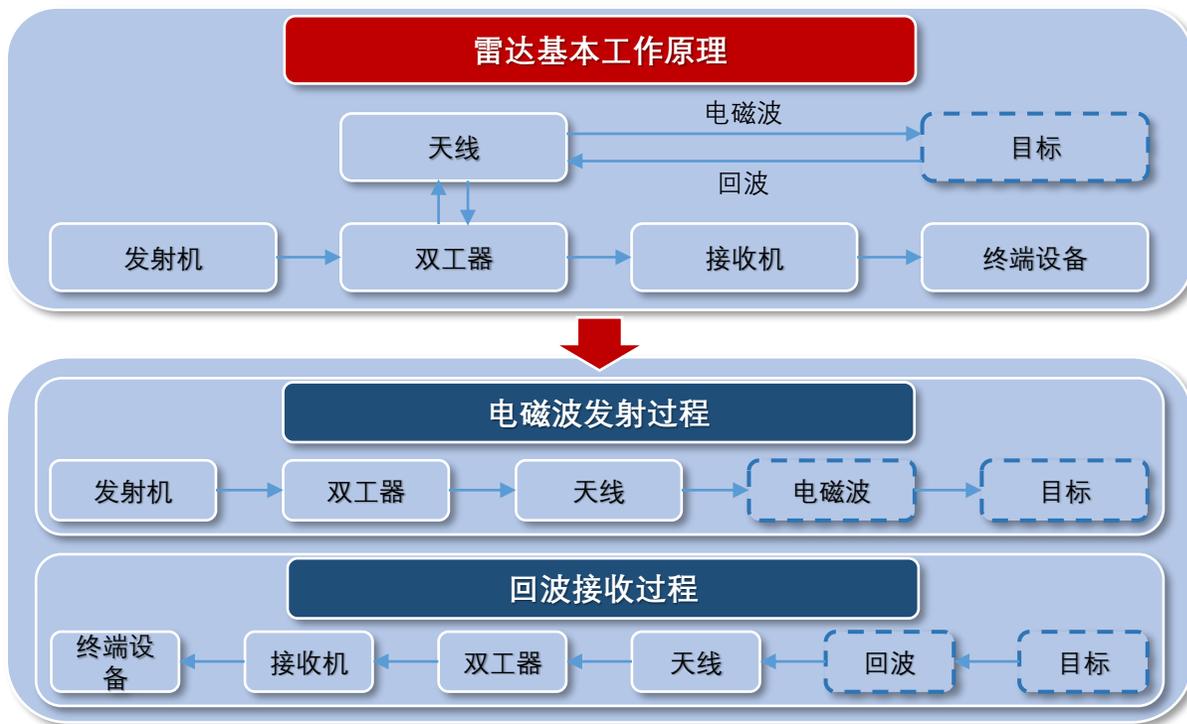
## 军用雷达的概念、分类、作用

**军用雷达是用于军事目标的雷达，是一种利用电磁波探测目标的军事设备，它通过发射电磁信号并接收从目标反射回来的信号测量目标的位置参数、运动参数并提取目标的有关技术。** 军用雷达是专门为特定的军事用途而设计制造的无线电探测和定位装置，它是获取陆、海、空、天战场全天候、全天时战略和战术情报的重要手段之一，是防天、防空、防海和防陆武器系统和指挥自动化系统的首要视觉传感器，因此在警戒、侦察、敌我识别等方面获得了广泛应用。**雷达系统主要包括：**产生高功率辐射信号的雷达发射机；向空间辐射信号和接收从目标反射信号的天线；将微弱的接收信号进行放大滤波和变换的雷达接收机；对雷达信号进行处理、录取与显示的雷达终端设备；控制雷达天线转动，控制与录取天线波束指向数据的雷达伺服设备；雷达各分系统协调工作的频率综合器和定时器等。

简化的雷达组成方框图



雷达工作原理

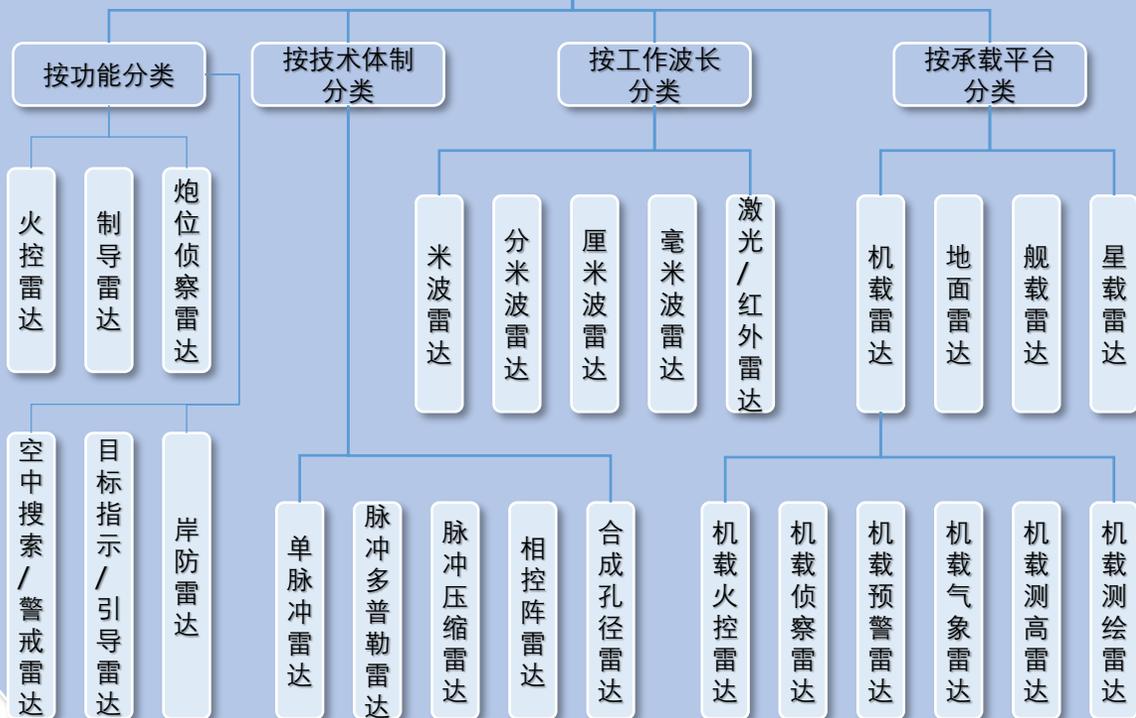


# 引言——军用雷达：国防信息化重要组成，攻防兼备电子之眼

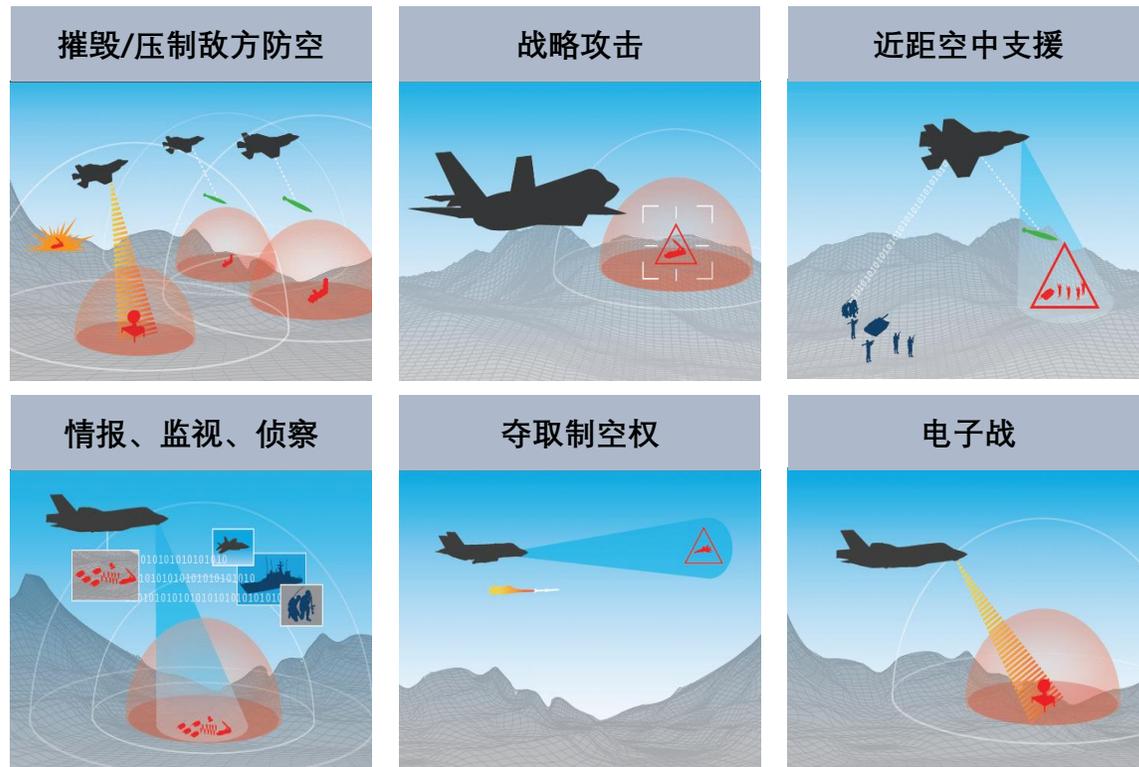
## 军用雷达的概念、分类、作用

军用雷达的分类有多种方法，常用的主要分类方法有按功能、按技术体制、按工作波长、按承载平台等。**军用雷达被称为现代战争的“千里眼”，是当前电子战和信息战的核心装备。**当前先进的雷达不仅能够远程探测隐身飞机、弹道导弹、地上兵力、海上编队，还能够精确控制打击武器对目标跟踪制导，以及对重点区域进行连续的侦察监视，获取高清晰战场情报，融入“观察 - 确认 - 决策 - 打击” (OODA) 作战流程环的程度越来越深，在信息化联合作战中发挥着举足轻重的作用。军用雷达的重要性主要表现在三个方面：①军用雷达是各级别作战指挥系统中能够实时、主动、全天候获取有关目标战场环境信息的探测手段；②军用雷达是各类先进作战平台不可或缺的组成部分，是实现远程打击、精确打击的必要手段；③军用雷达是评估各类先进武器系统和进行军事技术研究的测试手段。**雷达作为战场侦察监视与情报搜索的主要战术装备，是战场态势感知和快速反应的主要技术途径，其性能与效能发挥决定我方力量战场战斗力和生存力。**

### 军用雷达主要类型



### 美军F35机载雷达能完成多种作战任务



# 目录



## 一、发展现状——相控阵引领技术体制发展，我国已迈入国际先进行列

1.1 军用雷达发展历程

1.2 军用雷达主流技术体制——脉冲多普勒、相控阵、合成孔径

1.3 中美军用雷达发展现状——我军后起发力，已迈入国际先进行列

## 二、驱动因素——技术需求牵引、信息化建设驱动、承载平台放量

2.1 军事需求驱动技术不断进步

2.2 国防信息化深入推进

2.3 雷达承载平台加速列装

## 三、军用雷达产业链

3.1 军用雷达产业链全图

3.2 T/R收发组件——相控阵关键核心技术

## 四、投资策略

4.1 投资策略

4.2 投资图谱

# 一、发展现状——相控阵引领技术体制发展，我国已迈入国际先进行列

## 1.1 军用雷达发展历程

从20世纪初诞生以来，雷达技术已经走过了70多年的发展历程，先后经历了二次世界大战、冷战军备竞赛、新军事革命等不同历史因素的促进并经受了考验，雷达技术的体制、理论、方法、技术和应用都已得到很大的发展，先后经历了简单脉冲雷达、脉冲多普勒雷达、相控阵雷达、数字阵雷达等重要发展阶段。针对下一代战争的特点和态势感知系统完成远程探测、稳定跟踪、精确制导和武器攻击的使命任务，未来雷达系统需要具有体系协同、多功能多任务、精细处理、智能决策的能力。

### 雷达发展历程

#### 初级阶段（上世纪前半叶，约50年）

- 飞机的发明和大规模应用于世界性战争，对飞机实现远距探测和告警的迫切需求，极大地刺激和推动了雷达技术的发展；
- 雷达体制由最初的双基地连续波、单基地脉冲发展为单基地相参脉冲体制；工作频段由VHF频段扩展至K频段；承载平台由地基扩展至机载；大功率发射、低噪声接收技术和信号处理理论都得到极大发展；

#### 中级阶段（前半期，上世纪60至90年代，约30年）

- 相控阵雷达、脉冲多普勒雷达、合成孔径雷达开始出现；
- 相控阵由无源发展为有源，合成孔径雷达观测地面目标的能力由静止扩展至动目标，脉冲多普勒雷达改善了下视能力，雷达工作频段由K频段扩展至Ka频段，承载平台由空基扩展至天基；

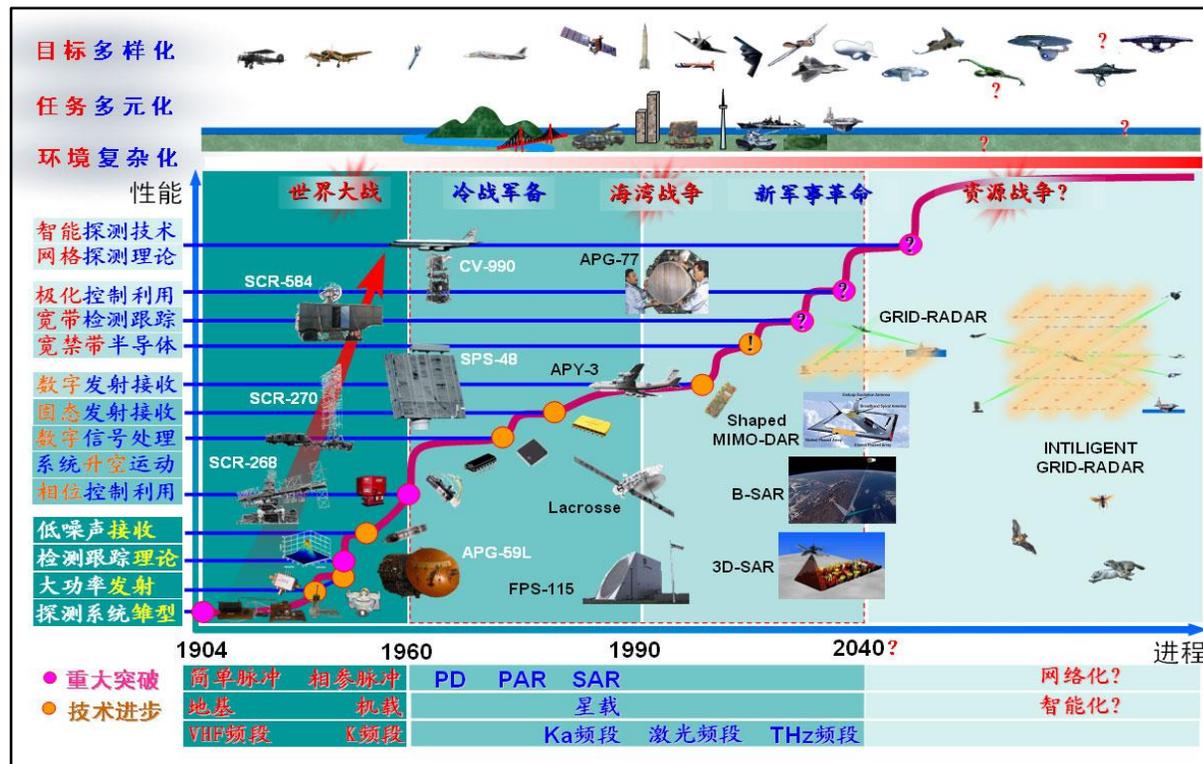
#### 中级阶段（后半期，上世纪90年代至本世纪40年代，约50年）

- 以信息主导和远程精确打击为主要特征的新军事革命推动雷达不断演进，协同探测/分布式/网络化雷达体制逐渐形成；
- 工作频段将由Ka频段扩展至太赫兹和激光频段；承载平台将由天基扩展到临近空间等平台；微波集成电路和数字处理等基础技术不断发展并应用；

#### 高级阶段（未来大约40年以后）

- 共形数字相控阵雷达、双多基SAR、3维SAR、扁平网络化多站雷达等新体制雷达形成装备并经过实战检验；
- 这一时期新型雷达装备的主要特征将可能是3维多视角布局、多探测器复杂构型、和高维信号空间处理；

### 雷达技术发展历程与未来



# 一、发展现状——相控阵引领技术体制发展，我国已迈入国际先进行列

## 1.2 军用雷达主流技术体制——脉冲多普勒、相控阵、合成孔径

目前雷达主要有**脉冲多普勒（信号形式方面）、相控阵（扫描方式方面）和合成孔径（信号处理方面）**三种主流技术体制，这三种体制对雷达的发展影响深远。脉冲多普勒雷达是通过脉冲发射并利用多普勒效应检测目标信息的脉冲雷达；相控阵雷达是指通过计算机控制各辐射单元的相位，改变波束的指向进行扫描的雷达；合成孔径雷达是利用雷达与目标的相对运动把尺寸较小的真实天线孔径用数据处理的方法合成一较大的等效天线孔径的雷达。**脉冲多普勒技术和合成孔径技术主要侧重于雷达信号形式及处理，属于对前端信号的分析处理，而相控阵技术核心主要是体现在雷达前端，因此相控阵技术和脉冲多普勒、合成孔径技术组合使用。目前合成孔径相控阵雷达、相控阵多普勒雷达已经在军事上获得了成熟的大量应用。**

雷达发展的三种主流技术体制

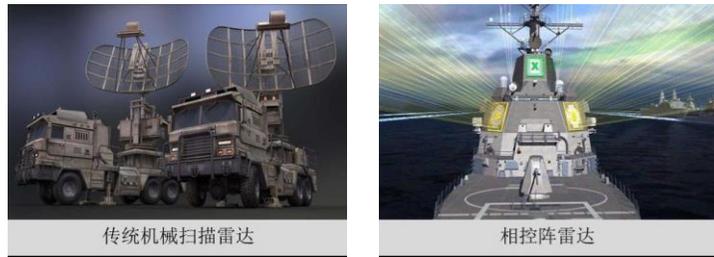
技术体制	主要特征	工作原理	主要优点
脉冲多普勒 (PD) 雷达	<ul style="list-style-type: none"> <li>20世纪60年代研制成功并投入使用，是一种利用多普勒效应来探测运动目标的位置和相对运动速度的脉冲雷达，具有卓越的杂波抑制和从运动杂波中检测动目标的能力。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>当雷达发射一组固定频率的相参脉冲对空扫描时，如遇到活动目标，回波的频率与发射波的频率出现频率差，称为多普勒频移。根据多普勒频移的大小，可测出目标相对于雷达的径向速度；根据发射脉冲和接收脉冲的时间差，可以测出目标的距离；</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>脉冲多普勒雷达比普通雷达的抗杂波干扰能力强，能探测出隐蔽在静止背景中的具有一定速度的活动目标，广泛用于机载预警、导航、导弹制导、卫星跟踪、战场侦察、靶场测量、武器火控和气象探测等方面，成为重要的军事装备，已成为对付低空轰炸机和巡航导弹的有效军事装备。</li> </ul>
相控阵雷达	<ul style="list-style-type: none"> <li>是指采用相控阵天线的雷达，通过改变雷达波相位来改变波束方向，其以电子方式控制波束而非传统的机械转动天线面方式，故又称电子扫描阵列雷达。探测能力与阵列单元数量密切相关，相控阵T/R组件相控阵雷达的核心部件。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通过计算机控制各辐射单元的相位，改变波束的指向进行扫描，具有快速而精确的波束切换及指向能力，能够在极短时间内完成全空域扫描。每个辐射天线单元都配装有一个发射/接收组件，每个组件都能自己产生、接收电磁波。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>相控阵天线具有波束指向、波束形状的快速变化和可控能力，易于形成多个波束(跟踪多个目标)，可在空间实现信号功率合成。这些特点使得相控阵雷达可完成多种雷达(搜索雷达、跟踪雷达、测高雷达)功能，具有稳定跟踪多批高速运动目标的能力，有很高的可靠性。相控阵雷达又称为多功能雷达。</li> </ul>
合成孔径 (SAR) 雷达	<ul style="list-style-type: none"> <li>首次使用是在20世纪50年代后期，是一种高分辨率成像雷达，可以在能见度极低的气象条件下得到类似光学照相的高分辨雷达图像。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>利用雷达与目标的相对运动把尺寸较小的真实天线孔径用数据处理的方法合成一较大的等效天线孔径的雷达，也称综合孔径雷达。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>合成孔径雷达的特点是分辨率高，能全天候工作，能有效地识别伪装和穿透掩盖物。所得到的高方位分辨力相当于一个大孔径天线所能提供的方位分辨力。</li> </ul>

# 一、发展现状——相控阵引领技术体制发展，我国已迈入国际先进行列

## 1.2 军用雷达主流技术体制——脉冲多普勒、相控阵、合成孔径

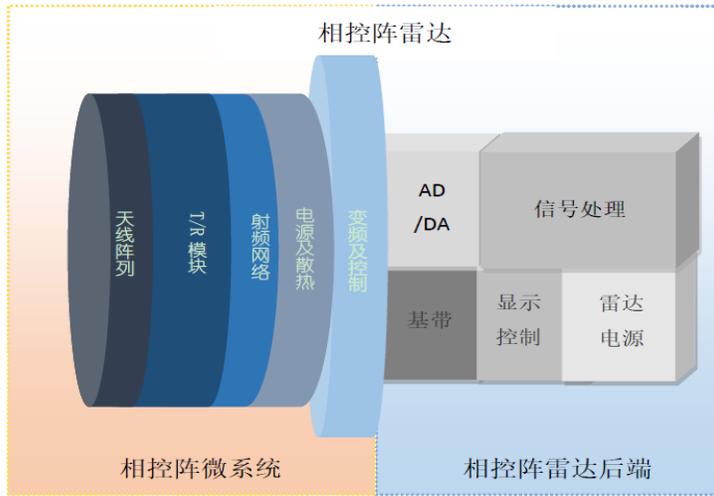
相控阵雷达是由大量相同的辐射单元组成的雷达面阵，具有波束切换快、抗干扰能力强等特点，可同时跟踪多个目标，具备多功能、强机动性、高可靠性能力，开始逐渐取代传统的机械扫描雷达，成为当今雷达发展的主流。相控阵雷达根据天线的不同分为无源相控阵雷达和有源相控阵雷达。无源相控阵雷达仅有一个中央发射机和一个接收机，发射机产生的高频能量，经计算机主动分配给天线阵的各个单元，目标反射信号也是经各个天线单元送达接收机统一放大；有源相控阵雷达的每个天线单元都配装有一个发射/接收组件（T/R组件），每一个T/R组件都能自己发射和接收电磁波，因此在频宽、功率、效率以及冗余设计方面均比无源相控阵有巨大优势。

相控阵雷达与机械雷达对比及构成



传统机械扫描雷达

相控阵雷达



有源、无源相控阵雷达和机械扫描雷达性能对比

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

有源相控阵雷达主要性能特点

优势	具体特点
多目标	利用电子扫描灵活性、快速性和按时分割原理和多波束，能同时搜索、探测和跟踪不同方向和不同高度的多批目标，并能同时制导多枚导弹攻击多个空中目标。
多功能	能够同时形成多个独立控制的波束，同时完成对多个目标的搜索、跟踪、捕获、识别、（飞机）引导、（导弹）制导及战果评估等功能，相当于多部普通雷达。
抗干扰	可以利用分布在天线孔径上的多个辐射单元合成非常高的功率，并能合理地管理，易于实现自适应旁瓣抑制和自适应抗各种干扰，有利于发现远离目标和小雷达反射面目标，还可提高抗反辐射导弹的能力。
快反应	对采用数控移相器的相控阵雷达，一般可在几个微秒内实现雷达波束形成和波束位置转换。
高可靠	天线阵由众多阵元组成，即使其中一个或几个阵元不能发射或接收，并无碍于雷达整体性能。

# 一、发展现状——相控阵引领技术体制发展，我国已迈入国际先进行列

## 1.2 军用雷达主流技术体制——脉冲多普勒、相控阵、合成孔径

机载有源相控阵雷达是目前国际上最为先进的一种火控雷达，其目标追踪/搜索能力、高分辨率、强电子干扰和高数据通信能力等优势，远远超过了传统机械扫描体制的雷达，其应用将成为未来军用飞机的标准配置，以适应未来空战的需求。军用雷达最重要且技术水平最高的应用领域是机载雷达，机载雷达的技术升级牵引着军用雷达的性能和技术体制的持续创新。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。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。

四型主要战机装备有源相控阵雷达模块数

战机	F-22	F-18E/F	F-18E/F	F-35
雷达	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

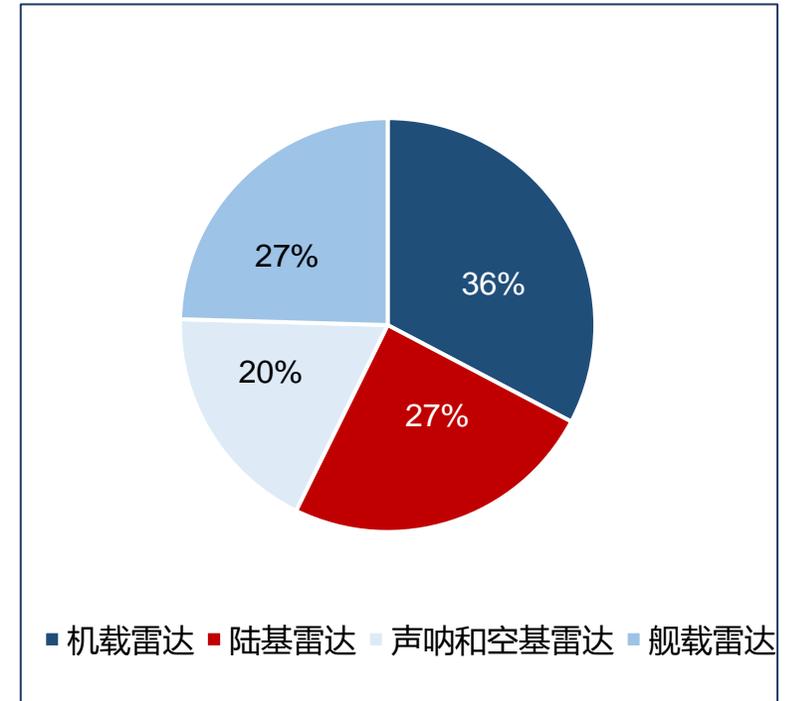
装备不同体制雷达的飞机对目标RCS=5m<sup>2</sup>探测距离

型号	装配机型	体制	空空探测距离/Km
AN/APG-66	F-16A/B	机械扫描	95
RDY	幻影-2000	机械扫描	130
GD-53	IDF	机械扫描	92
AN/APG-80	F-16E/F	有源相控阵	150
AN/APG-79	F-18E/F	有源相控阵	180
AN/APG-77	F-22	有源相控阵	300
AN/APG-81	F-35	有源相控阵	230

2010-2019全球雷达市场情况

雷达体制	生产数量	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%	509.99	100%

2025年军用雷达市场占比预测



# 一、发展现状——相控阵引领技术体制发展，我国已迈入国际先进行列

## 1.3 中美军用雷达发展现状——我军后起发力，已迈入国际先进行列

我国雷达技术经过几十年的艰苦奋斗，已发展为雷达大国和雷达强国。每年例行举办的系列国际雷达会议，我国是与美国、英国、法国和澳大利亚并列的5个轮流主办国之一。在三坐标雷达、低空雷达、机载预警雷达、数字阵列雷达、相控阵雷达和精密跟踪雷达等领域都迈入了国际先进行列。美军引领了世界军事科技的发展，在雷达领域更是遥遥领先。以F35机载雷达为例，F35飞机的综合电子战系统（IEWS）具有雷达告警、信号收集和分析，被动式辐射定位和电子对抗能力，该综合电子战系统综合了机载AN/APG-81有源电扫描相控阵雷达（AESA）、通信、导航、识别系统（CNI）和光电分布式孔径系统（EODAS）。在工作中，F35可利用其综合电子战系统中的雷达告警接收机（RWR）与其机载雷达相配合工作，雷达告警接收机能为雷达提供敌机精确的目标方位指示，既提高了雷达的工作效能，又缩短了综合电子战系统的反应时间。

### 新中国机载雷达发展历程

我国有源相控阵雷达技术通过预警机工程取得重大突破  
J20机载雷达技术水平与F22、F35水平相当；但高波段收发组件、T/R组建小型化等方面仍存差距

**有源相控阵技术获得突破（21世纪至今）：**机载扫描体制火控雷达与先进国家水平相当，具备地形测绘、合成孔径、地形跟随等功能，是现代化多功能火控雷达系统，能满足我国歼11、歼10、“枭龙”在内的国产四代战机作战需求。同时基于有源相控阵技术的预警机工程成功突破，为我军J20等第五代战斗机雷达系统打下坚实基础。

**全波形脉冲多普勒技术获得突破（20世纪90年代）：**我国脉冲多普勒火控雷达由探索阶段到全面应用阶段。引进俄罗斯无源相控阵雷达；引进以色列的预警机项目，受美国强行干预中止；国产预警机开发过程积累了相关经验，为研制有源相控阵雷达打下了基础。

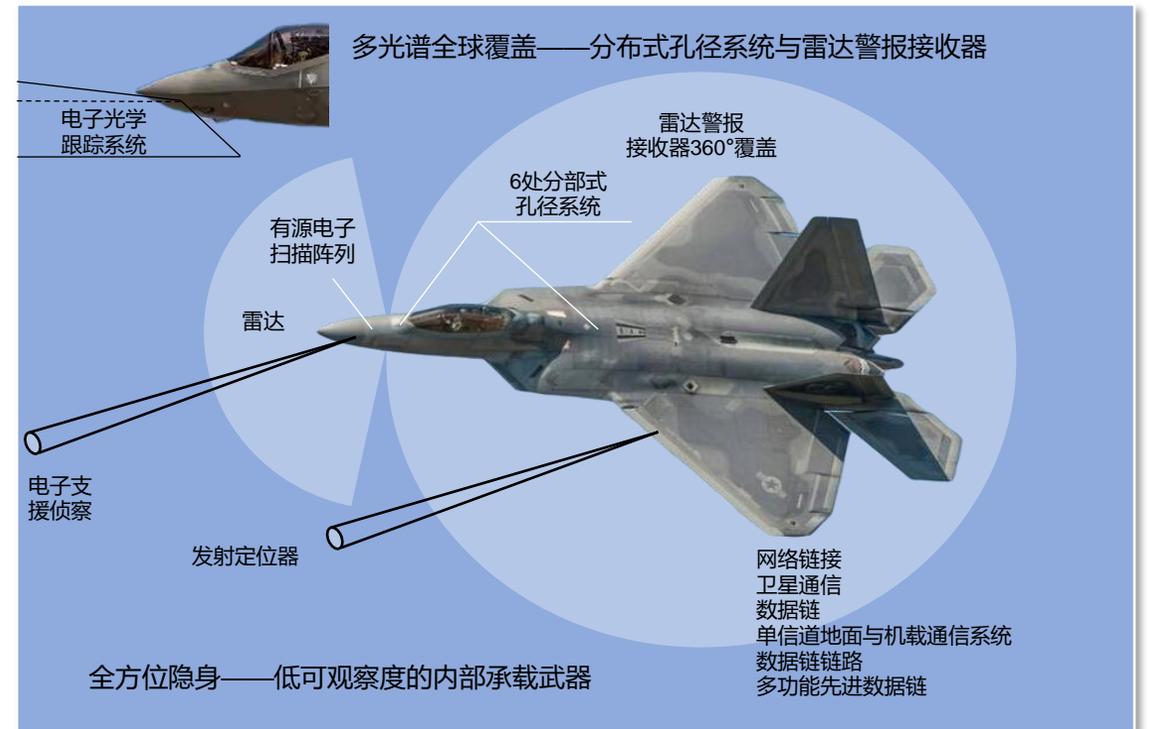
**奋起直追与和平典范（20世纪80年代）：**开始立项研制歼8II机载脉冲多普勒雷达；与美军开始军事合作项目——“和平典范”项目并由于政治原因终止；引进俄罗斯全波形脉冲多普勒雷达Zhuk-8II。

**尝试研究预警机（20世纪60-70年代）：**由于当时的技术基础薄弱，我国研制的第一款预警机（“空警I号”）未能解决雷达反杂波的问题，致使装备未能服役，收藏于中国航空博物馆。

**落差渐大（20世纪60-70年代）：**此时国外雷达技术迅速发展，单脉冲技术、脉冲压缩技术已经成熟应用于飞机上，脉冲多普勒技术开始进入装备试生产，相控阵技术已经起步。此阶段我国由于缺乏苏联技术支持，研发的歼8战斗机配套单脉冲火控雷达技术存在缺陷，直到20世纪80年代才完成定型。中国与西方国家雷达技术差距拉大。

**解决有无问题（20世纪50年代）：**机载雷达发展初级阶段，主要以仿制苏联米格17、米格19机载雷达为主，采用圆锥扫描体制和普通脉冲方式，容易受到敌方电子干扰和地面杂波影响。有效作用距离短、可靠性不高，只是作为目视能力的一种补偿，暂时解决了我军机载雷达的有无问题。

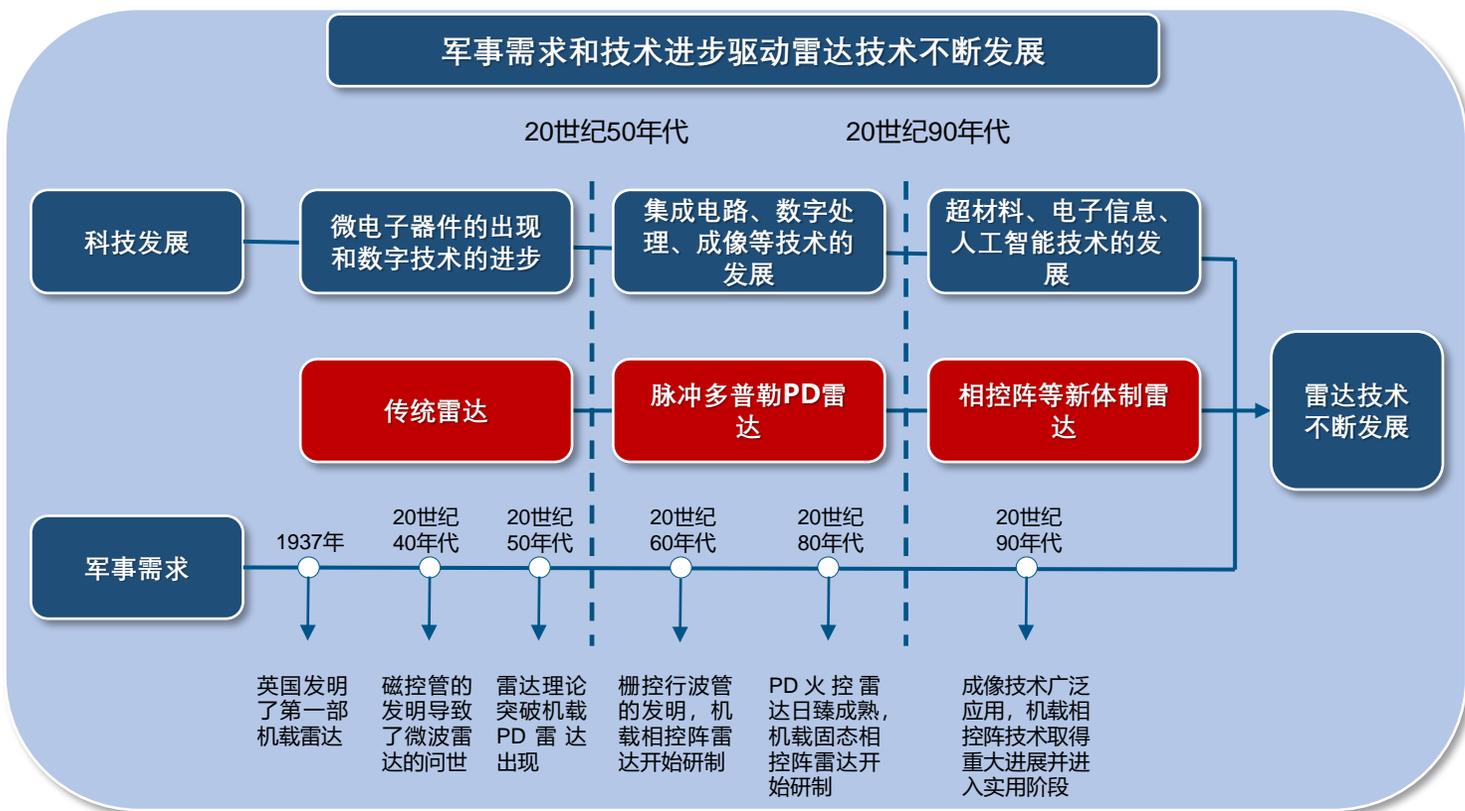
### F-35飞机电子与系统示意图



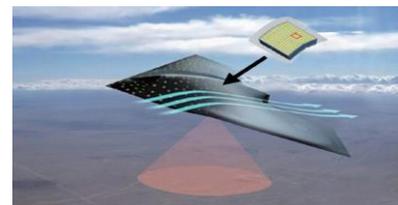
## 二、驱动因素——技术需求牵引、信息化建设驱动、承载平台放量

### 2.1 军事需求驱动技术不断进步

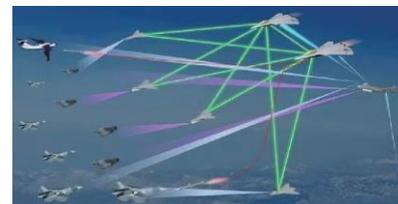
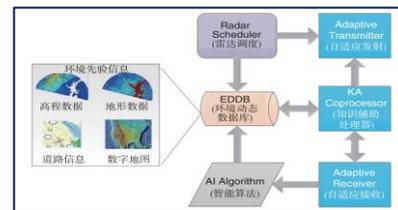
现代战争中信息权控制的重要程度持续提升且国防信息化持续深入推进，推动军用雷达技术快速更迭。以机载火控雷达为例，机载火控雷达系统体制经历了脉冲雷达、脉冲多普勒雷达、无源相控阵雷、有源相控阵雷达、数字阵列雷达的发展历程。在机载火控雷达探测目标方面，随着F-22、F-35五代隐身战斗机的服役以及下一代战斗机的研究，目标雷达截面积（RCS）不断减小。在机载火控雷达探测环境方面，电子战技术蓬勃发展，电子支援设备（ESM）接收机灵敏度越来越高，电子对抗设备（ECM）干扰功率越来越强，干扰样式越来越灵巧。在机载火控雷达作战任务方面，机载火控雷达正由单纯的雷达功能向雷达、电子战、通信综合一体化方向发展。在新兴技术方面，智能蒙皮、人工智能、分布式孔径、分布式协同探测等新技术日趋成熟，在机载火控雷达领域正逐步走向工程应用。



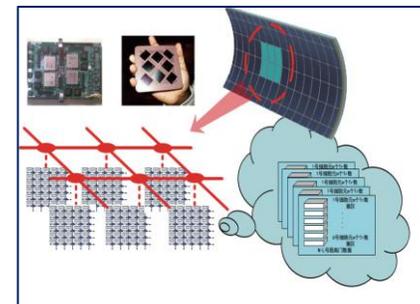
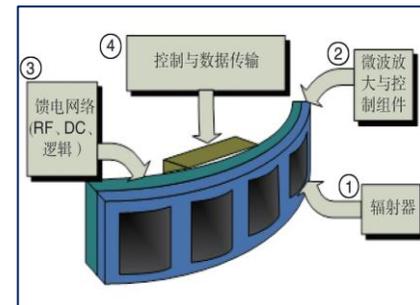
### 机载火控雷达未来发展趋势



机载分布式孔径雷达



云协同探测

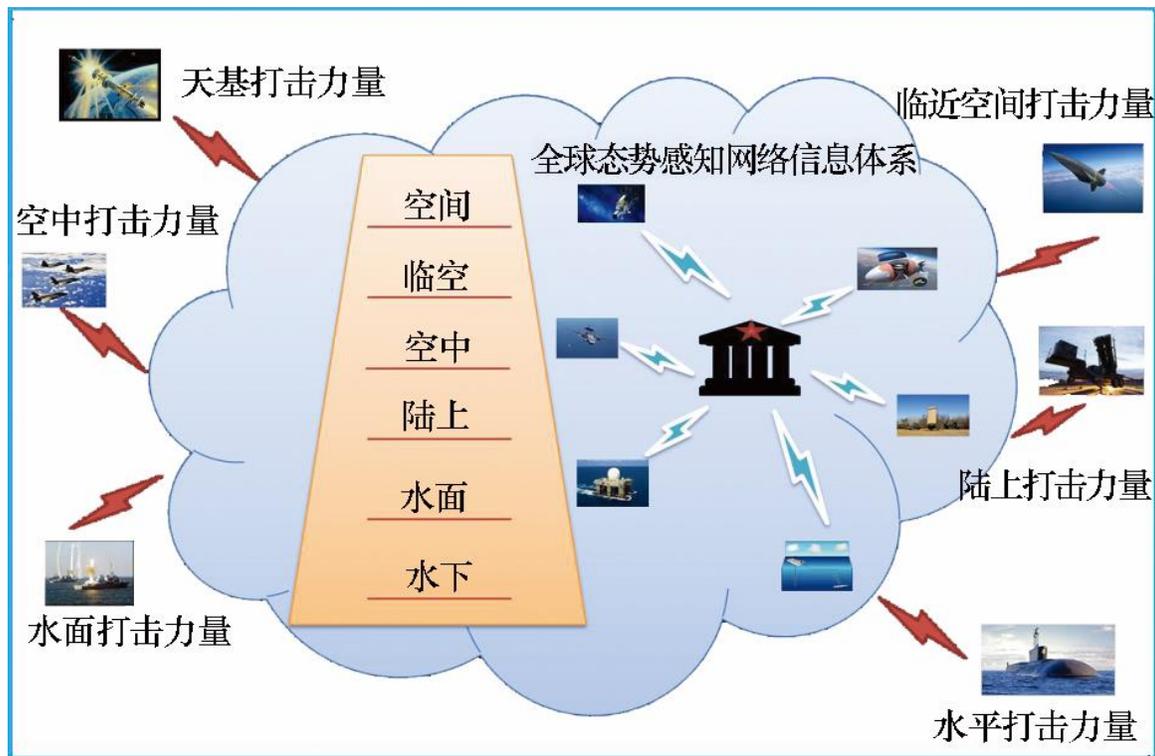


## 二、驱动因素——技术需求牵引、信息化建设驱动、承载平台放量

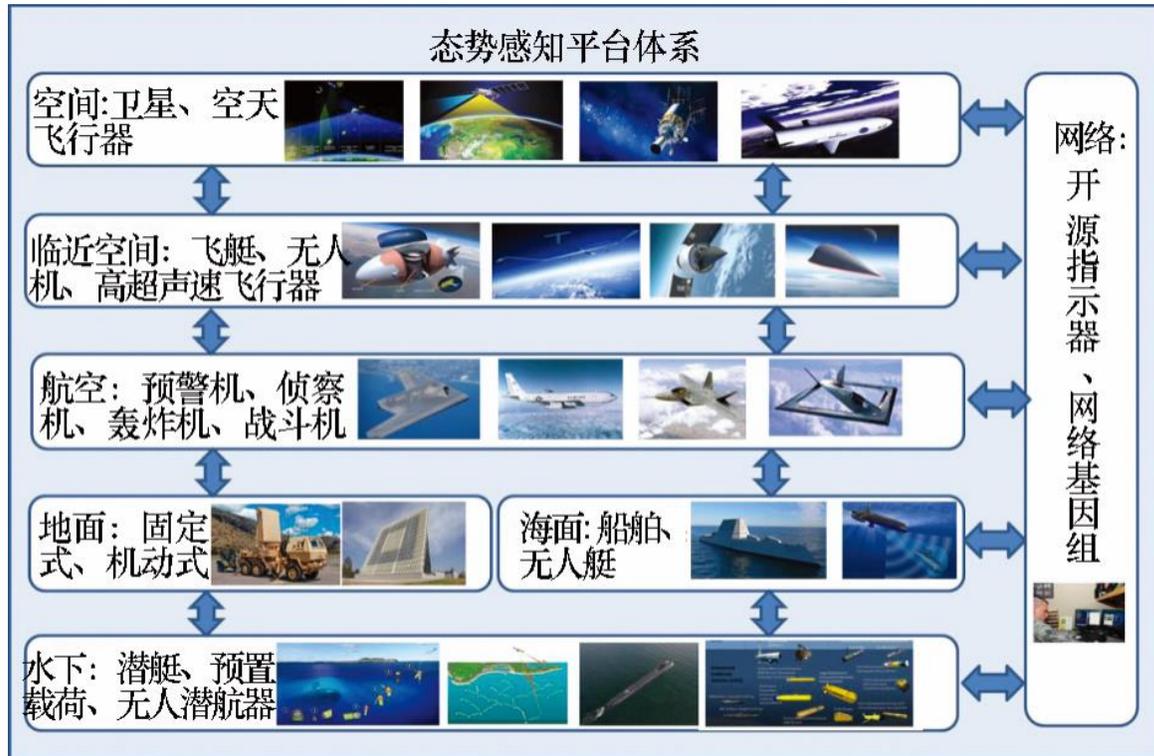
### 2.2 国防信息化深入推进

下一代战争全方位多层次多样式打击方式以及下一代战争态势感知平台体系需要雷达技术向远程探测、全维监视、精确识别、精准制导的新任务需求方向发展。美国防部2014年发起“第三次抵消战略”，试图通过作战概念创新、颠覆性技术创新、武器装备创新，谋求在2030年以前进入信息化战争高级阶段以形成新一轮绝对军事优势。信息化战争高级阶段主要表现为作战空间全域化、作战时间敏捷化、作战对象隐身化、作战平台无人化、作战方式协同化、作战效果精确化、作战背景复杂化。针对信息化战争高级阶段的特点和态势感知系统完成远程探测、稳定跟踪、精确制导和武器攻击的使命任务，下一代雷达系统需要具有体系协同、多功能多任务、精细处理、智能决策的能力。军用雷达技术将在国防信息化深入发展的大背景下不断迭代升级。

下一代战争面临全方位多层次多样式打击方式



下一代战争态势感知平台体系

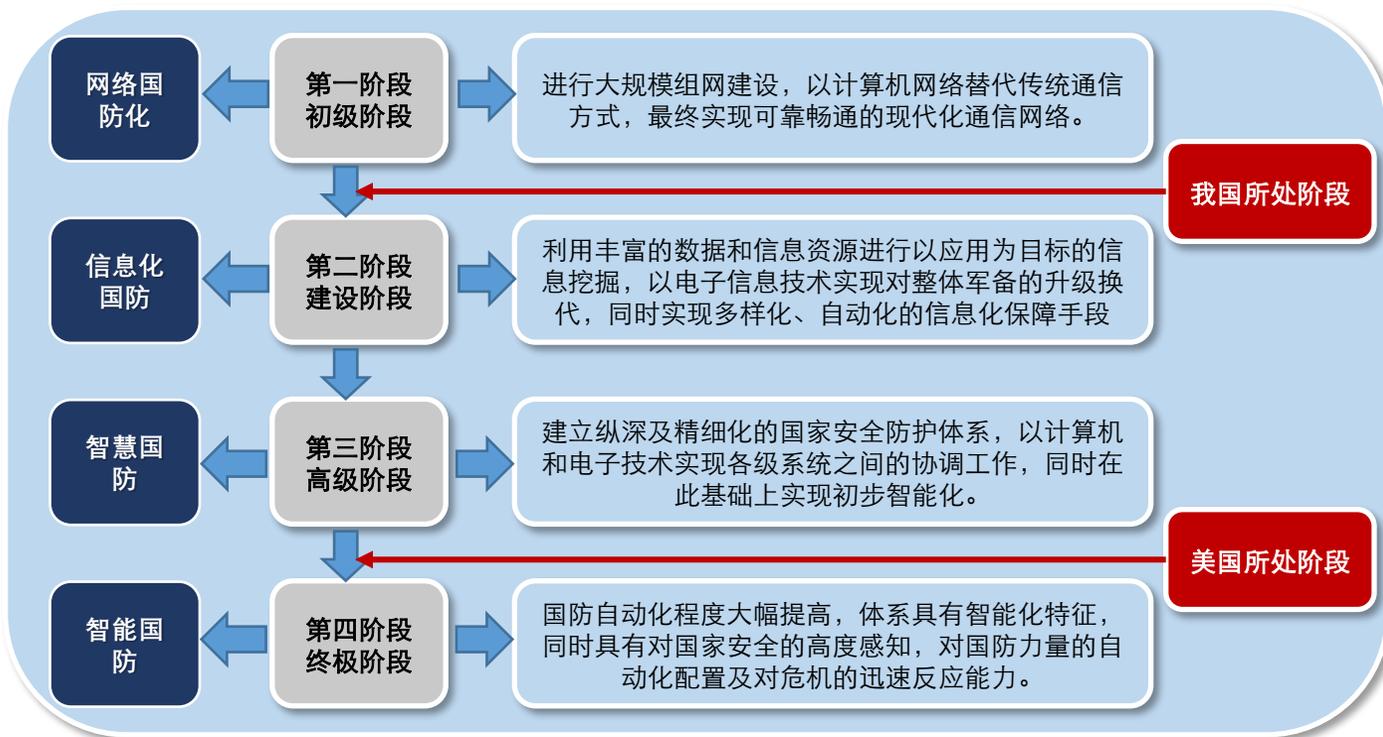


## 二、驱动因素——技术需求牵引、信息化建设驱动、承载平台放量

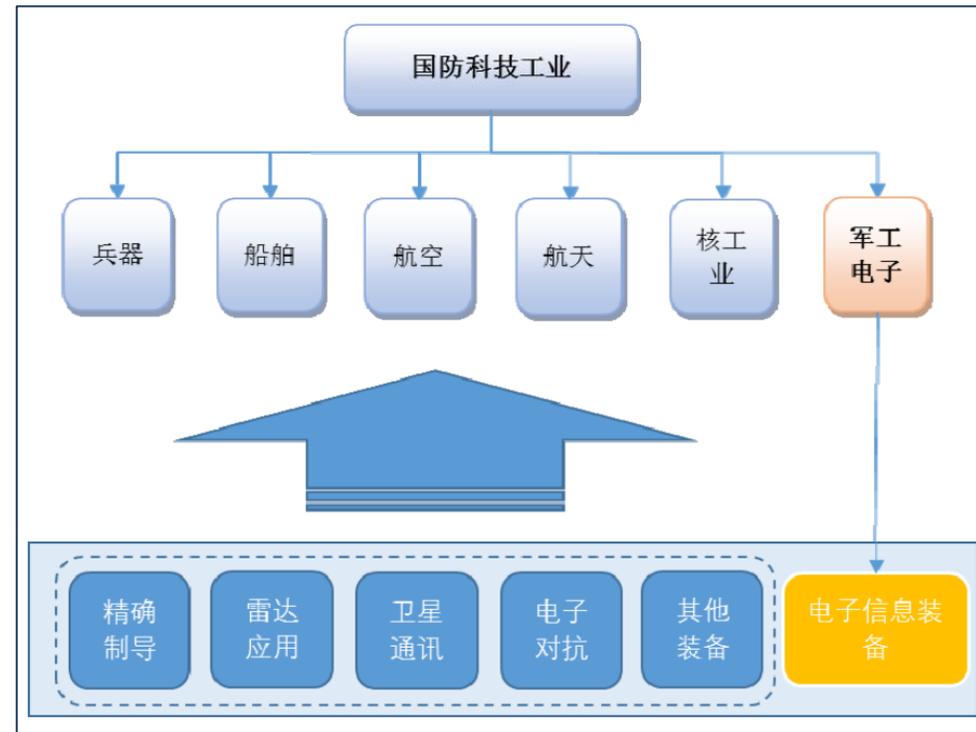
### 2.2 国防信息化深入推进

军用雷达作为国防信息化核心装备，充分受益于我国国防信息化建设加速发展。军用雷达作为基于信息化条件下体系作战能力的核心装备，是获取陆海空天战场全天候、全范围战术情报最主要的手段，是实现远程打击、精确打击、对敌电子战的必要手段，广泛应用于警戒、引导、武器控制、侦查和航行保障等领域，在国防信息化体系中具有极其重要的战略地位。国防信息化分为网络化国防、信息化国防、智慧国防和智能国防四个阶段。当前以美国为代表的发达国家处于第三阶段后期，即将过渡到第四阶段，信息化装备已占50%，海军、空军信息化装备占70%，2020年前后将实现完全信息化。我国信息化建设起步晚，仍处于初级阶段后期，刚刚迈入到全面建设的第二阶段。雷达作为信息化核心装备，性能上战术指标显著提高、功能上从感知平台扩展到感知打击一体化平台，在精确制导、雷达应用以及电子对抗等方面占有重要地位，在我国国防信息化加速追赶美军的过程中，产品目前处于快速放量期。

国防信息化各发展阶段



国防科技工业六大产业集群



## 二、驱动因素——技术需求牵引、信息化建设驱动、承载平台放量

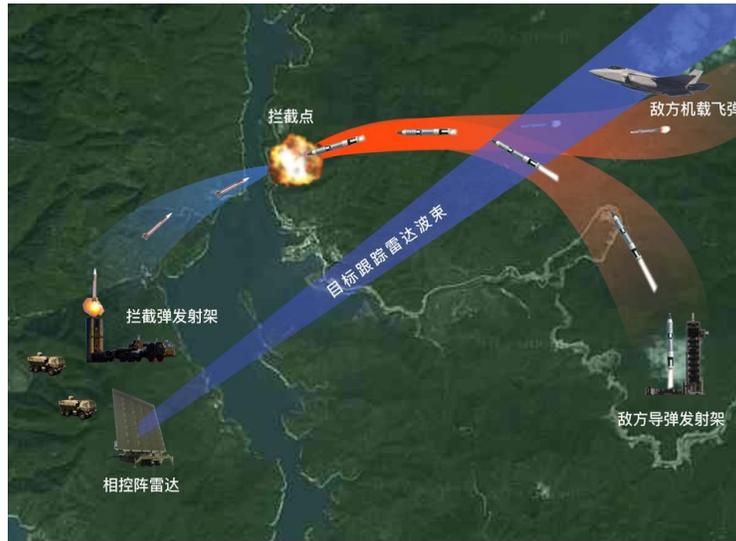
### 2.3 雷达承载平台加速列装——探测与制导市场快速发展

**有源相控阵雷达作为军事信息化的核心技术，直接受益于精确制导与军用雷达承载武器平台下游市场的扩张。**经过多年发展，有源相控阵技术逐步成型，已广泛应用于机载、舰载、车载与星载领域。**探测：**历经40余年的发展，当前有源相控阵技术已在全球陆基防空雷达、舰载雷达、机载SAR、战斗机雷达，以及天基SAR等作战系统广泛应用。**制导：**现代战争精确制导化，导引头决定整个精确制导武器更新换代的方向，有源相控阵雷达导引头未来将逐步替代无源相控阵雷达成为弹载武器的倍增器。有源相控阵精确制导体制是近十年全球发展起来的精确制导新技术，兼有毫米波高精度、抗干扰的优势和相控阵波束指向灵活等特点，能够提高导弹在复杂电磁环境下对高机动目标的打击功能和命中概率，提升装备的攻击效率和效费比，是目前精准打击型武器中最前沿的技术之一。随着国家对军队的实弹训练要求不断提升，军事训练、演习等对装备的消耗量也不断增加，弹载雷达面临较大的市场空间。

机载数字相控阵雷达多目标多点侦干探通一体化工作示意图



车载数字相控阵雷达多目标多点探测跟踪一体化工作示意图



舰载数字相控阵雷达多目标多点侦干探通一体化工作示意图



## 二、驱动因素——技术需求牵引、信息化建设驱动、承载平台放量

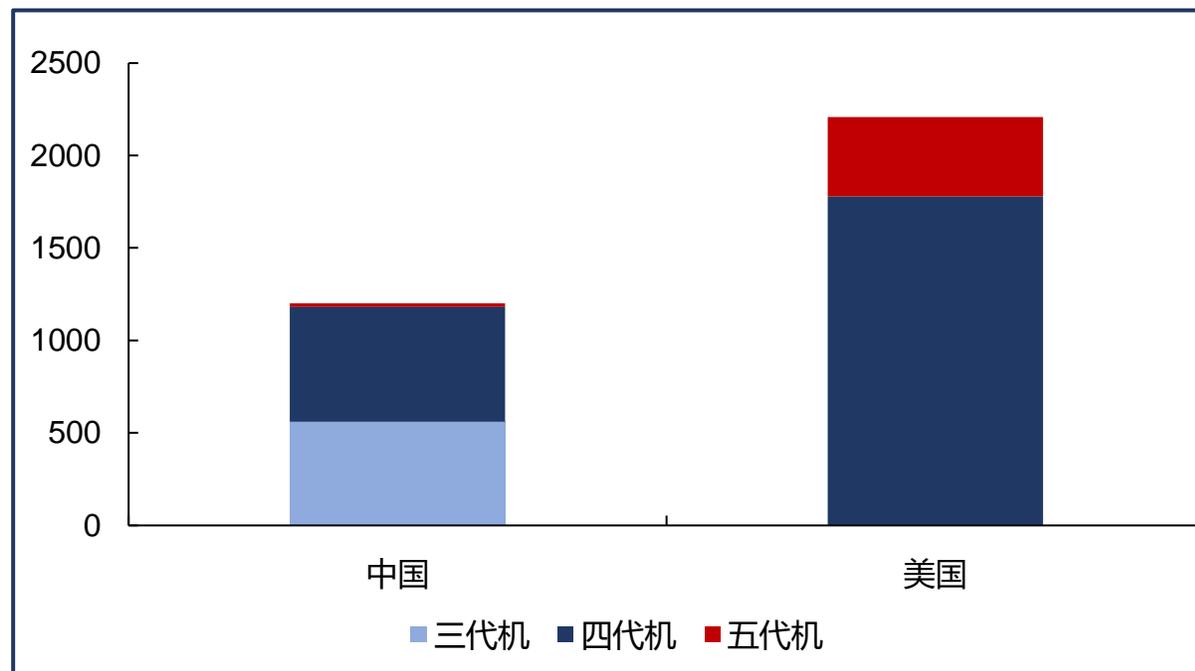
### 2.3 雷达承载平台加速列装——军用飞机提质增量，机载雷达配套增加

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。战略空军建设驱动产业链加速发展，主力型号产能突破、新型号批产前置、新机型不断突破成为常态；同时面对严峻的国际形势，未来武器装备建设的确定性趋势是加大老旧装备的淘汰力度，逐步形成以高新技术装备为骨干的武器装备体系。随着空军担负使命和任务的变化，我国正在构建现代化战略空军武器装备体系，新型战机等装备近年来已集中亮相并且开始交付部队，新型号批产上量、新型隐身战略轰炸机、新型隐身舰载战斗机、新型加油机等新机型不断突破将成为常态。同时与美国相比我国先进战机数量处于明显劣势，歼7、歼8等三代机占比仍然较高，而美国四代机和五代机为绝对主力。未来几年将是军用飞机的加速批产期，战略空军和强军梦将助力军机产业跨越式发展，机载雷达产业同步提速发展。

中国战略空军现役主力装备



2021年中美现役战斗机对比 (架)



## 二、驱动因素——技术需求牵引、信息化建设驱动、承载平台放量

### 2.3 雷达承载平台加速列装——导弹采购数量提升，弹载雷达需求同步旺盛

**国内导弹需求景气度高涨，弹载雷达等中上游配套产业同步旺盛。** 随着我军实战化训练要求的持续提升，在军用装备库存补充需求驱动下，我军精确制导武器订单需求将持续向好。同时近年来随着我军机械化信息化智能化加速推进，一批达到世界水准的海陆空天国产武器装备平台列装部队，带动了新一代精确制导武器需要配套跟进。末制导有源相控阵雷达具有作用距离远、精度高、命中率高、全天候探测等特点，在精确制导武器中获得了广泛运用，未来装备放量、渗透率提升共同带动弹载相控阵雷达高速发展。

我国成立七十周年国庆阅兵仪式中展示的部分精确制导武器平台系统



YJ-12B岸舰导弹



红旗-17A防空导弹



长剑-100巡航导弹



东风17常规导弹



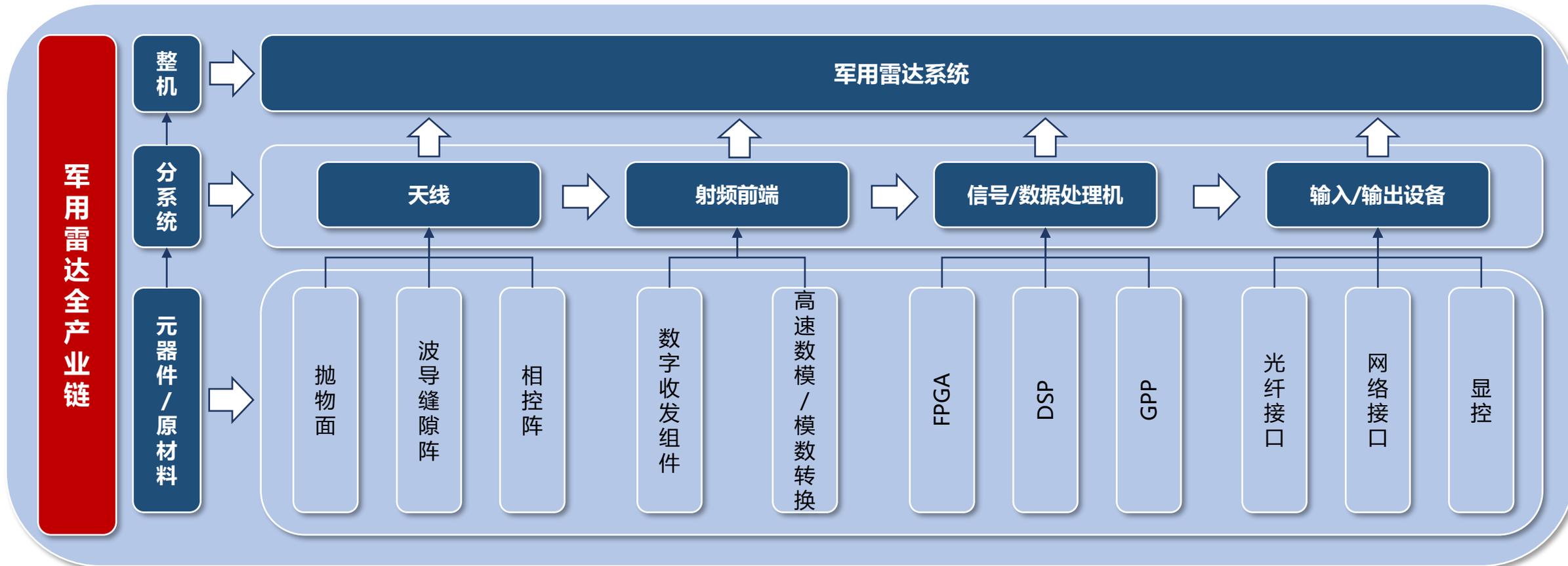
巨浪-2潜射远程弹道导弹



东风-41洲际核导弹

## 3.1 军用雷达产业链全图

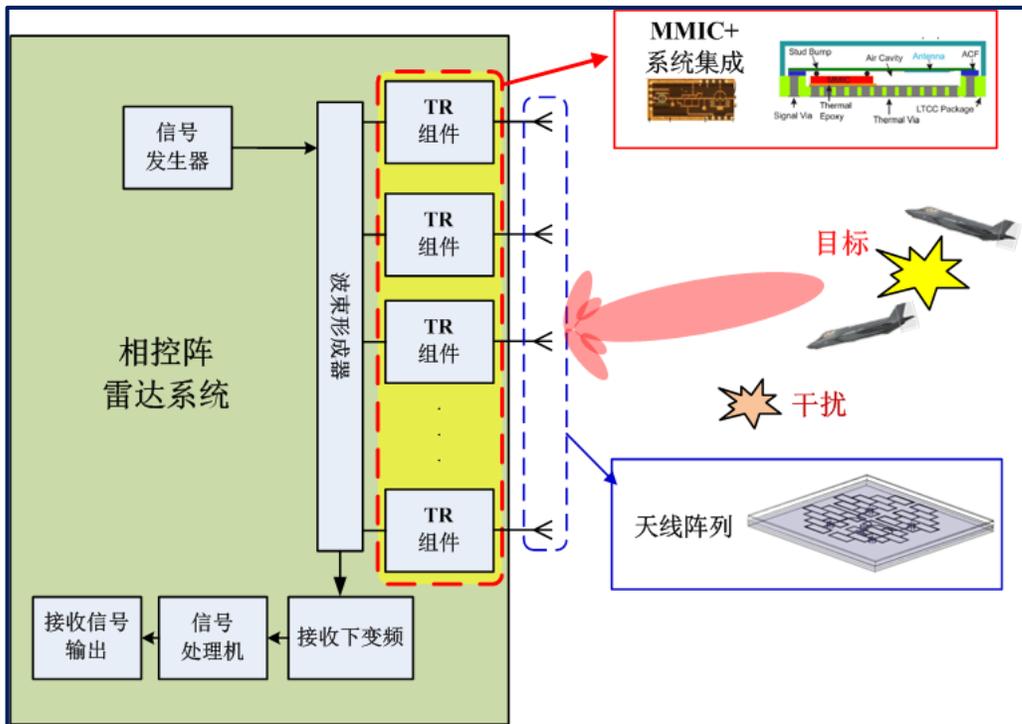
军工电子产业链可概括为上游元件和器件、中游组件和微系统以及下游整机。雷达系统主要由天线、发射机、接收机、信号处理机、数据处理机和显示器等若干分系统构成。发射机作用是产生雷达信号；天线的主要作用是发射和接收雷达信号；接收机作用是接收到目标反射回来的回波信号；信号处理机主要作用是消除不需要的杂波信号和干扰，加强所关注的目标回波信号，确认是否探测到了目标，并获得雷达至目标的距离；数据处理机主要实现数据记录、自动跟踪、目标识别等功能。



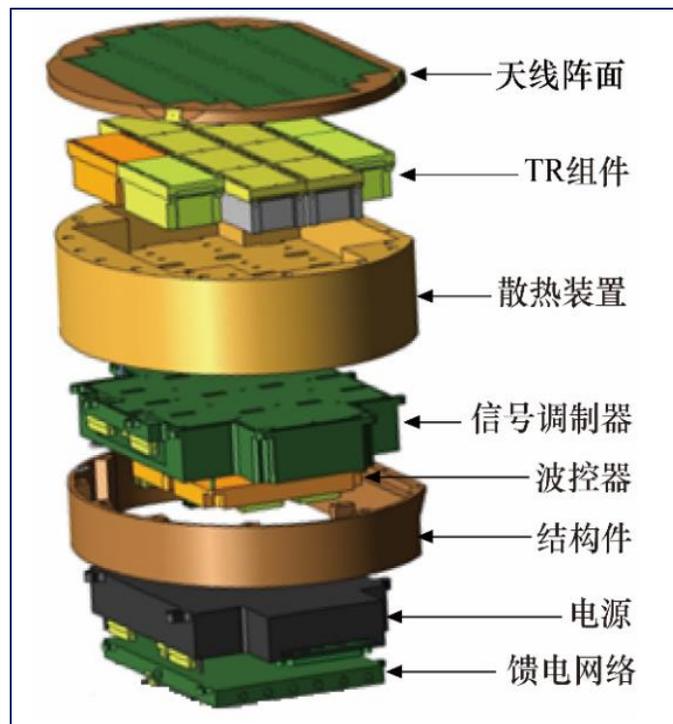
## 3.2 T/R收发组件——相控阵关键核心部件

高性能、高可靠、低成本的收发组件（T/R）是雷达的核心部件，造价占整个雷达系统造价的主要部分，其性能和质量优劣直接关系到整个雷达质量的好坏。有源相控阵T/R组件是指在雷达或通信系统中用于接收、发射一定频率的电磁波信号，并在工作带宽内进行幅度相位控制的功能模块，是有源相控阵雷达实现波束电控扫描、信号收发放大的核心组件。整个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。因此，有源相控阵T/R组件的性能参数直接决定相控阵雷达系统的作用距离、空间分辨率、接收灵敏度等关键参数。此外，有源相控阵雷达需要数量众多的T/R组件共同构成有源相控阵阵面，有源相控阵T/R组件的性能也进一步决定了有源相控阵雷达系统的体积、重量、成本和功耗。根据雷达的不同工作环境和不同性能要求，有源相控阵T/R组件的构成形式不尽相同，但其基本结构一致，主要由数控移相器、数控衰减器、功率放大器、低噪声放大器、限幅器、环形器以及相应的控制电路、电源调制电路组成。在各模块的成本构成中T/R组件占有重要比重，而射频芯片在材料成本中占有重要比重。近年来，随着新材料的应用、产品结构形式的改善、工业化技术的应用推广，T/R组件成本逐渐降低，为产品的广泛应用提供基础。

有源相控阵雷达系统结构示意图



典型的有源相控阵天线系统组成



有源相控阵天线模块成本构成

名称	脉冲体制320阵元	连续波体制144阵元
天线阵面	5.5%	8.3%
T/R组件	52.7%	41.7%
馈电网络	6.2%	5.4%
波控器	7.1%	13.6%
电源调制器	10.4%	—
电源	7.6%	13.4%
结构	10.5%	17.6%

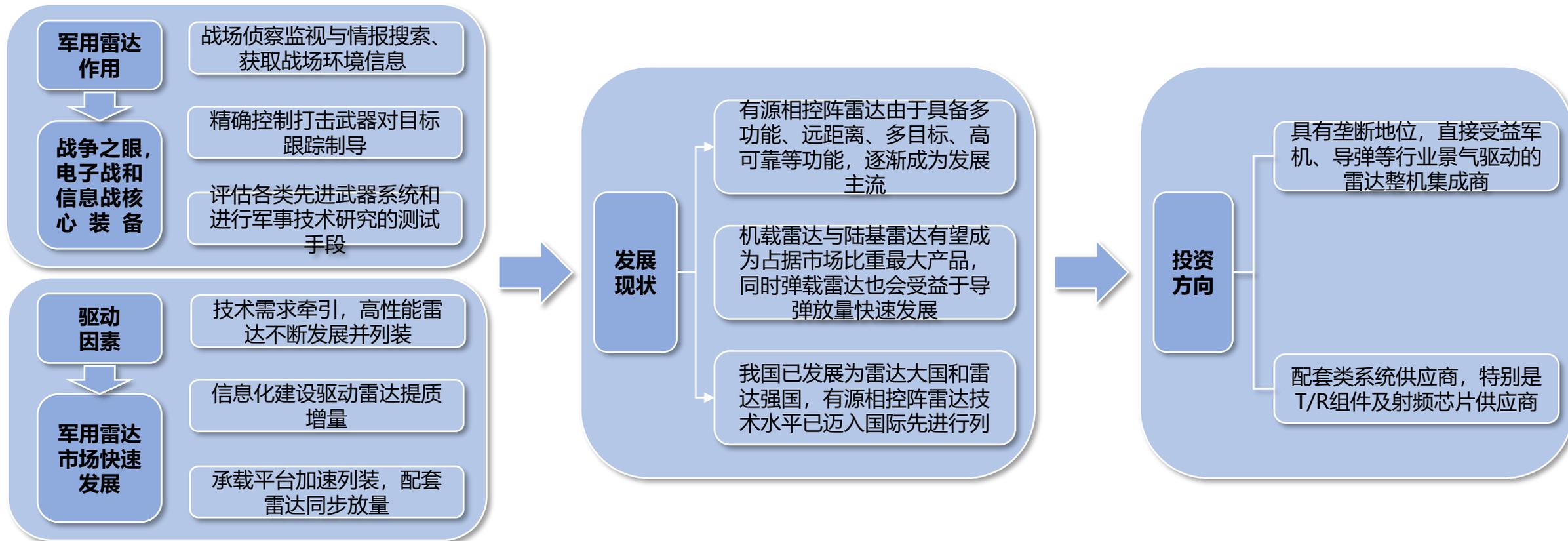
有源相控阵天线材料成本构成

名称	脉冲体制320阵元	连续波体制144阵元
接插件与电缆	6.7%	6.8%
印制板	5.6%	7.5%
射频芯片	53.6%	40.1%
材料二次集成	3.4%	6.2%
安装件	8.8%	11.2%
微组装	11.2%	12.4%
调试与测试	10.8%	14.9%

# 四、投资策略

## 4.1 投资策略

军用雷达作为军工电子装备核心系统，伴随着我国相控阵雷达技术的日益成熟，将直接受益于国防信息化建设进程。有源相控阵雷达由于具备多功能、远距离、多目标、高可靠等功能，逐渐取代传统的机械扫描雷达和无源相控阵雷达，成为发展主流。高性能、高可靠、低成本的收发组件（T/R）造价占整个雷达系统造价的主要部分，性能和质量优劣直接关系到整个雷达质量的好坏，是有源相控阵雷达关键核心部件。雷达产业重点关注雷达总装和雷达配套两类上市公司：具有垄断地位，直接受益军机、导弹等行业景气驱动的雷达整机集成商和配套类系统供应商，特别是T/R组件及射频芯片等相关供应商。



## 4.2 投资图谱

目前拥有雷达总装业务的单位主要为具有体制内背景的企事业单位，其中上市公司有国睿科技、四创电子、四川九洲等，涉及的雷达类型主要为军民两用的气象雷达、空管雷达等；拥有雷达总装业务的民参军上市公司主要有天和防务、海兰信、雷科防务等；拥有雷达配套业务的民参军上市公司主要有国博电子、天箭科技、雷电微力、铖昌科技、亚光科技、盛路通信等；拥有雷达地面配套仿真测试业务的上市公司主要有航天发展、霍莱沃等。



## 4.2 投资图谱——主要上市公司（2021年年报，时间截至2022.10.17）

产业链	证券简称	证券代码	产品（服务）类型	营业收入（亿元）	归母净利润（亿元）	研发支出占收入比例	销售毛利率	销售净利率	员工总数（人）	总市值（亿元）	市盈率 PE-LYR	年初至今涨跌幅
材料/元器件/测试	铖昌科技	001270.SZ	微波毫米波模拟相控阵T/R芯片	2.11	1.60	14.12%	77.00%	75.84%	155	125.14	78.23	258.49%
	臻镭科技	688270.SH	军用通信、雷达领域射频芯片和电源管理芯片	1.91	0.99	21.26%	88.46%	51.86%	160	139.79	141.42	128.92%
	振芯科技	300101.SZ	雷达芯片	7.94	1.51	14.52%	56.58%	17.33%	847	139.74	92.25	12.71%
	三安光电	600703.SH	雷达芯片	125.72	13.13	9.11%	22.22%	10.44%	18,636	847.49	64.55	-49.40%
	华讯方舟	000687.SZ	雷达芯片	0.35	-7.19	24.54%	21.93%	-2059.17%	94	0.00	0.00	-83.80%
	航天发展	000547.SZ	雷达射频仿真、电子战仿真	41.44	6.44	13.27%	33.62%	15.77%	2,917	166.78	25.89	-37.62%
	霍莱沃	688682.SH	电磁场测试和仿真	3.30	0.61	9.39%	42.57%	20.22%	119	46.16	75.77	-23.31%
部组件/微系统	雷电微力	301050.SZ	毫米波有源相控阵微系统	7.35	2.02	4.57%	42.39%	27.42%	557	136.43	67.70	-42.13%
	国博电子	688375.SH	有源相控阵 T/R组件和射频集成电路	25.09	3.68	9.73%	34.68%	14.67%	1,213	415.57	112.88	8.23%
	火箭科技	002977.SZ	弹载固态发射机（导弹主动雷达导引头重要组成）	2.78	1.11	3.42%	49.54%	40.00%	159	39.45	35.43	-30.70%
	亚光科技	300123.SZ	微波信号收发芯片半导体及电路	15.88	-11.99	11.37%	18.75%	-74.81%	2,256	58.34	-4.86	-36.16%
	盛路通信	002446.SZ	微波/毫米波器件、组件	9.62	-2.12	11.56%	38.56%	-22.21%	1,364	85.45	-40.28	55.54%
	红相股份	300427.SZ	微波混合集成电路	13.94	-6.36	7.36%	33.13%	-45.51%	1,468	66.06	-10.39	37.09%
整机总装	雷科防务	002413.SZ	毫米波雷达	16.22	-2.41	10.91%	37.86%	-14.90%	2,182	67.25	-27.93	-32.57%
	天和防务	300397.SZ	雷达与指控系统检测维修装备、侦察监视雷达	5.59	-0.72	21.65%	30.10%	-13.77%	1,671	54.71	-75.87	-30.87%
	海兰信	300065.SZ	船用导航雷达、近海监视雷达、高频地波雷达	9.02	0.49	13.59%	33.82%	5.46%	508	80.91	165.42	-23.59%
	四川九洲	000801.SZ	空管雷达	35.44	1.45	8.42%	19.97%	5.10%	3,457	85.81	59.20	-11.88%
	国睿科技	600562.SH	军用雷达、空管雷达、气象雷达	34.32	5.26	5.38%	26.97%	15.42%	1,394	182.43	34.69	-19.35%
	四创电子	600990.SH	气象雷达、空管雷达和低空监视雷达	31.43	1.84	5.01%	19.77%	6.00%	3,127	59.56	32.39	-34.25%

## 核心观点

- **军用雷达被称为现代战争的“千里眼”，是当前电子战和信息战的核心装备。** 军用雷达是专门为特定的军事用途而设计制造的无线电探测和定位装置，它是获取陆、海、空、天、电战场全天候、全天时战略和战术情报的重要手段之一，是防天、防空、防海和防陆武器系统和指挥自动化系统的首要视觉传感器，不仅能够远程探测隐身飞机、弹道导弹、地上兵力、海上编队，还能够精确控制打击武器对目标跟踪制导，以及对重点区域进行连续的侦察监视，获取高清晰战场情报，在信息化联合作战中发挥着举足轻重的作用。作为战场侦察监视与情报搜索的主要战术装备，是战场态势感知和快速反应的主要技术途径，其性能与效能的发挥决定战场战斗力和生存力。
- **有源相控阵雷达优势明显，为当前雷达的主流体制，将直接受益于国防信息化建设和下游市场的扩张。** 相较于传统的机械扫描雷达和无源相控阵雷达，有源相控阵雷达具有扫描速度快、抗干扰能力强、探测距离大、效率及可靠性高等优势，将逐渐替代机械扫描雷达、无源相控阵雷达，是当前雷达的重点发展方向。军用雷达作为军工电子装备核心系统，伴随着我国相控阵雷达技术的日益成熟，将直接受益于国防信息化建设加速、精确制导与承载武器平台下游市场的扩张，其中机载雷达与陆基雷达有望成为占据市场比重最大产品、弹载雷达受益于导弹放量快速发展。
- **T/R收发组件是相控阵雷达关键核心部件，造价占整个雷达系统造价的主要部分，其性能和质量优劣直接关系到整个雷达质量的好坏。** 有源相控阵T/R组件负责信号的发射和接收并控制信号的幅度和相位，从而完成雷达的波束赋形和波束扫描，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。此外，相控阵雷达的探测能力还与T/R组件数量密切相关，由于频段及功率的不同，一部相控阵雷达通常包含上千甚至上万个T/R组件。近年来，随着新材料的应用、产品结构形式的改善、工业化技术的应用推广，T/R组件成本逐渐降低，为产品的广泛应用提供基础。
- **投资策略：** 军用雷达作为军工电子装备核心系统，伴随着我国相控阵雷达技术的日益成熟，将直接受益于国防信息化建设和下游市场的扩张，坚定看好军用雷达产业链投资机会，建议重点关注具有垄断地位、直接受益于军机、导弹等行业景气驱动的雷达整机集成商：国睿科技、四创电子、四川九洲等，以及中上游具有核心技术的T/R组件、射频芯片等配套类供应商：国博电子、天箭科技、雷电微力、铖昌科技等。

- 局部疫情反复对军用雷达产业链造成影响
- 下游需求不及预期
- 技术研发不及预期
- 汇率波动风险对产品出口造成影响

## 分析师简介

### 魏永

SAC执业证书号：S0640520030002，中航证券军工行业联席首席分析师、做市业务投资决策委员会委员，北京航空航天大学机械工程专业硕士。先后就职于中航光电科技股份有限公司、航天科技集团航天电子技术研究院，熟悉武器装备科研生产管理和国防科技工业产业投融资业务。曾担任长江证券研究所军工组组长，对航空航天、军工电子、无人机、新材料等领域有深度研究。

## 我们设定的上市公司投资评级如下：

<b>买入</b>	：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅10%以上。
<b>持有</b>	：未来六个月的投资收益相对沪深300指数涨幅-10%-10%之间
<b>卖出</b>	：未来六个月的投资收益相对沪深300指数跌幅10%以上。

## 我们设定的行业投资评级如下：

<b>增持</b>	：未来六个月行业增长水平高于同期沪深300指数。
<b>中性</b>	：未来六个月行业增长水平与同期沪深300指数相若。
<b>减持</b>	：未来六个月行业增长水平低于同期沪深300指数。

## 分析师承诺

负责本研究报告全部或部分内容的每一位证券分析师，在此申明，本报告清晰、准确地反映了分析师本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告中的具体推荐或观点直接或间接相关。风险提示：投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

## 免责声明

本报告并非针对意图送发或为任何就送发、发布、可得到或使用本报告而使中航证券有限公司及其关联公司违反当地的法律或法规或可致使中航证券受制于法律或法规的任何地区、国家或其它管辖区域的公民或居民。除非另有显示，否则此报告中的材料的版权属于中航证券。未经中航证券事先书面授权，不得更改或以任何方式发送、复印本报告的材料、内容或其复印本给予任何其他人。

本报告所载的资料、工具及材料只提供给阁下作参考之用，并非作为或被视为出售或购买或认购证券或其他金融票据的邀请或向他人作出邀请。中航证券未有采取行动以确保于本报告中所指的证券适合个别的投资者。本报告的内容并不构成对任何人的投资建议，而中航证券不会因接受本报告而视他们为客户。

本报告所载资料的来源及观点的出处皆被中航证券认为可靠，但中航证券并不能担保其准确性或完整性。中航证券不对因使用本报告的材料而引致的损失负任何责任，除非该等损失因明确的法律或法规而引致。投资者不能仅依靠本报告以取代替行使独立判断。在不同时期，中航证券可发出其它与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告及该等报告仅反映报告撰写日分析师个人的不同设想、见解及分析方法。为免生疑，本报告所载的观点并不代表中航证券及关联公司的立场。

中航证券在法律许可的情况下可参与或投资本报告所提及的发行人的金融交易，向该等发行人提供服务或向他们要求给予生意，及或持有其证券或进行证券交易。中航证券于法律容许下可于发送材料前使用此报告中所载资料或意见或他们所依据的研究或分析。