



2021 年 01 月 18 日

军工强周期系列报告之二： 红外制导系统应用快速增长

国防军工

军工行业进入三年强周期，增速最快的赛道以导弹、航空、国防信息化等为主，上述产业链中部分标的在半年报和三季度中都有出色表现。本文为导弹产业链第二篇，主要梳理红外制导领域情况，特别是关于制冷与非制冷探测器，非晶硅和氧化钒等热敏材料问题进行重点分析。

红外制导是不可替代的制导方式

红外技术本质上是对环境中的温度信息进行检测、分析并加以利用。在战场上，人员和装备都有各自的温度特征，特别是夜视功能的独特性决定了红外制导的不可替代性。其技术和应用发展大致可总结为：

- (1) 在探测波段的发展上，经历了从近红外波段探测(1~3 μm)到中远红外波段探测(3~5 μm , 8~14 μm)；
- (2) 在探测器类型上，经历了从非制冷硫化铅探测器、制冷硫化铅/碲化铋探测器到制冷/非制冷焦平面成像探测器；
- (3) 在探测体制上，经历了从光机扫描到凝视焦平面探测的发展；从“点源”探测到“成像”探测的发展过程。

目前红外制导的优势主要有：灵敏度高、导引精度高、抗干扰能力强、可实现“发射后不管”、具备全天候功能以及强适应性等优势。

制冷 VS 非制冷，非晶硅 VS 氧化钒

导红外热像仪有多种分类方式，按照工作机理可以分为基于热效应的热探测器和基于光电效应的光子探测器。目前市场上对探测器中制冷非制冷，热敏材料中非晶硅和氧化钒等方面关注度较高。

制冷探测器成本较高，NETD(噪声等效温差)明显小于非制冷探测器，当前主要为高端军用，绝大多数导弹红外制导系统使用制冷型探测器；非制冷导引头目前以低速、近距离的反坦克弹为主。

非晶硅和氧化钒作为热敏探测器的两种主流材质，各有优势。其中氧化钒的 NETD 小于非晶硅，能够识别的最小温差更小，因此成像更加清晰，并且发展时间更久，市场占有率高；非晶硅是半导体工艺中的常用材质，均匀性和稳定性较好，因此生产成本更低，并且适合向大面阵发展，热响应时间更短，帧频

评级及分析师信息

行业评级：推荐

行业走势图



分析师：陆洲

邮箱：luzhou@hx168.com.cn

SAC NO: S1120520110001

联系电话：010-59775364

研究助理：朱雨时

邮箱：zhuys@hx168.com.cn

SAC NO:

联系电话：010-59775364

更高。两种材料在不同领域各具优势，总体而言，氧化钒更适合“观察”，非晶硅更适合“测温”。

红外导引头产业链清晰简单，目前已呈现高景气

红外成像制导以红外导引头为产品形式，导引头作为产品本身其产业链较短。我国的情况主要可分为两级或三级配套模式。一般两级配套的模式为厂商直接提供红外热像仪至导引头总体单位，制成红外导引头；三级配套则属于厂商 A 提供红外探测器芯片、模组或机芯，由厂商 B 配合其镜头、算法等集成为红外热像仪再供应至导引头总体单位。

其中制冷型探测器主要厂商为兵器工业集团 211 所，电子科技集团 11 所和中科院上海技物所，三家也是国内制冷型探测器的主要供应商。

目前 A 股中主要有大立科技、高德红外和睿创微纳三家企业具备红外探测器以及红外热像仪的研制能力。

大立科技是国内非晶硅技术龙头，目前在探测器大面阵方面国际领先（600 万像素）。导引头红外热像仪当前覆盖型号最广，总体出货量规模最大。

高德红外探测器类型最全，军品研制生产经验丰富，是极少数取得武器总体资质和相关产品的厂商。目前制导相关产品以导引头红外热像仪为主，同时具有导弹整体产品。

睿创微纳专注于非制冷氧化钒红外探测器研制生产，氧化钒技术国际领先，在小像元技术方面国内领跑（10 μm），探测器机芯出货量最大。

风险提示

导弹研制进展缓慢，军品需求不及预期。

正文目录

1. 红外成像制导：不可替代的制导方式	4
1.1. 红外制导技术的发展历程	4
1.2. 红外成像制导的工作机理与优势	6
1.3. 红外制导技术未来发展方向	11
2. 红外成像制导产业链情况	12
3. 风险提示	14

图表目录

图 1 红外光谱图	4
图 2 红外曳光弹	5
图 3 红外干扰机	5
图 4 红外制导技术发展概况	6
图 5 非制冷红外热成像仪的工作原理	7
图 6 红外成像导引头的构成	7
图 7 红外制导技术发展概况	8
图 8 氧化钒材料	8
图 9 非晶硅材料	8
图 10 AIM-9X 导弹红外导引头（空空弹）	11
图 11 ASRAAM 导弹（空空弹）	11
图 12 ATM-84H 导弹红外导引头（反舰弹）	11
图 13 Kh-59MK2 导弹导引头（空射巡航弹）	11
图 14 红外成像导引头的构成	13
图 15 国内红外制造产业链主要参与单位	13
表 1 部分非制冷红外探测器应用的导弹	10
表 2 红外制导的优势	10
表 3 三家红外公司的基本情况	14

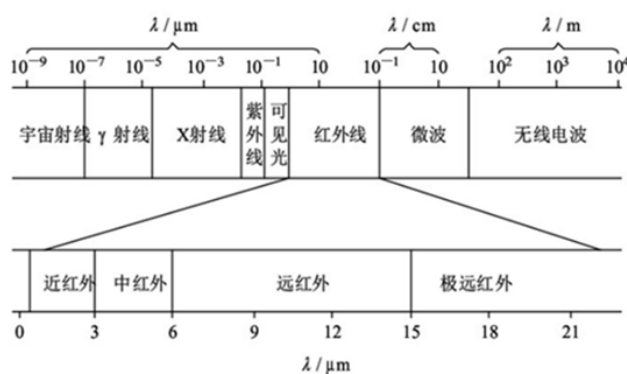
近十几年来,红外成像技术作为现代高技术已在武器装备中得到广泛应用。陆军主要将其用于夜间监视、瞄准、侦察、射击指挥、制导和防空等;海军主要将其用于监视、巡逻、观察和导弹跟踪等;空军主要将其用于轰炸机、侦察机和攻击机等的导航、着陆、营救、空中侦察、高空摄影和射击投弹等。从空间到地面,从水下到空中,红外成像仪已成为现代高技术常规兵器装备中不可缺少的重要部分。

我们在《军工强周期系列报告之一:制导系统是导弹产业链最佳细分赛道》中将导弹细分产业的最佳投资部分框定在了制导系统部分,本文作为导弹产业链的第二篇,将重点整理制导系统中红外制导方面的情况。

1. 红外成像制导:不可替代的制导方式

红外辐射是自然界存在最为广泛的电磁波辐射,它是基于任何物体在常规环境下都会产生自身的分子和原子无规则的运动,并不停地辐射出热红外能量,分子和原子的运动越剧烈,辐射的能量越大,反之辐射的能量越小。温度在绝对零度以上的物体,都会因自身的分子运动而辐射出红外线。

图 1 红外光谱图



资料来源:新浪军事, 华西证券研究所

1.1. 红外制导技术的发展历程

红外制导技术的发展主要由战争发展需要和科学技术发展的推动。

作战需求的牵引方面,红外制导技术是一种被动制导技术,使导弹具有“发射后不管”的作战能力。因此,首先发展的红外非成像制导技术很快在空空、空地等导弹中获得应用,并在越南战争等作战应用中取得巨大的成功。根据《红外探测系统在反巡航导弹中的应用》中的数据显示,1979~1985年期间,作战飞机损失数目超过160架,其中90%是被红外制导导弹击中。在1973~1997期间,遭受各种武器系统攻击而损失的飞机共有1434架,其中738架是红外制导导弹的牺牲品,所占比例为51.5%。

红外制导导弹的成功应用和良好的作战效果刺激了红外技术的发展。红外曳光弹、红外干扰机等各种红外对抗手段的相继出现,大大削弱了红外非成像制导导弹的作战效能。因此,现代战争中迫切需要具有一定目标识别能力,可以对抗红外干扰的制导手段。利用红外热成像技术获取目标的图像,就可以有效地分辨目标和诱饵,

提高导弹的抗干扰能力。因此，作为红外对抗的手段之一，在作战需求推动下红外成像制导技术得到迅速地发展和推广应用。

图 2 红外曳光弹



资料来源：搜狐网，华西证券研究所

图 3 红外干扰机



资料来源：wind，华西证券研究所

红外制导技术真正的发展得益于红外热成像技术、小型制冷器技术、图像处理技术、微电子技术等的发展。70 年代中期以后，由于先后出现了碲镉汞，锑化铟，铂化硅等线列器件和焦平面阵列器件，红外光机扫描和凝视阵列技术，红外成像制导技术逐渐变成了可行的方案。特别是随着元器件技术和计算技术的飞速发展，在近 30 多年来红外探测器经过了从简单的单元探测器发展到一代的线阵探测器、小面阵探测器，又发展到二代的焦平面阵列探测器，并进一步向三代灵巧焦平面阵列探测器的发展历程。

红外制导技术目前可划分为三个发展阶段。

第一阶段为 20 世纪 60 年代中期以前为第一阶段，这一时期，红外制导武器主要用于攻击空中速度较慢的飞机。其探测器采用不制冷的硫化铅，信息处理系统为单元调制盘式调幅系统，工作波段在 $1-3\mu\text{m}$ ，其特点是灵敏度低、抗干扰能力差、跟踪角速度低。

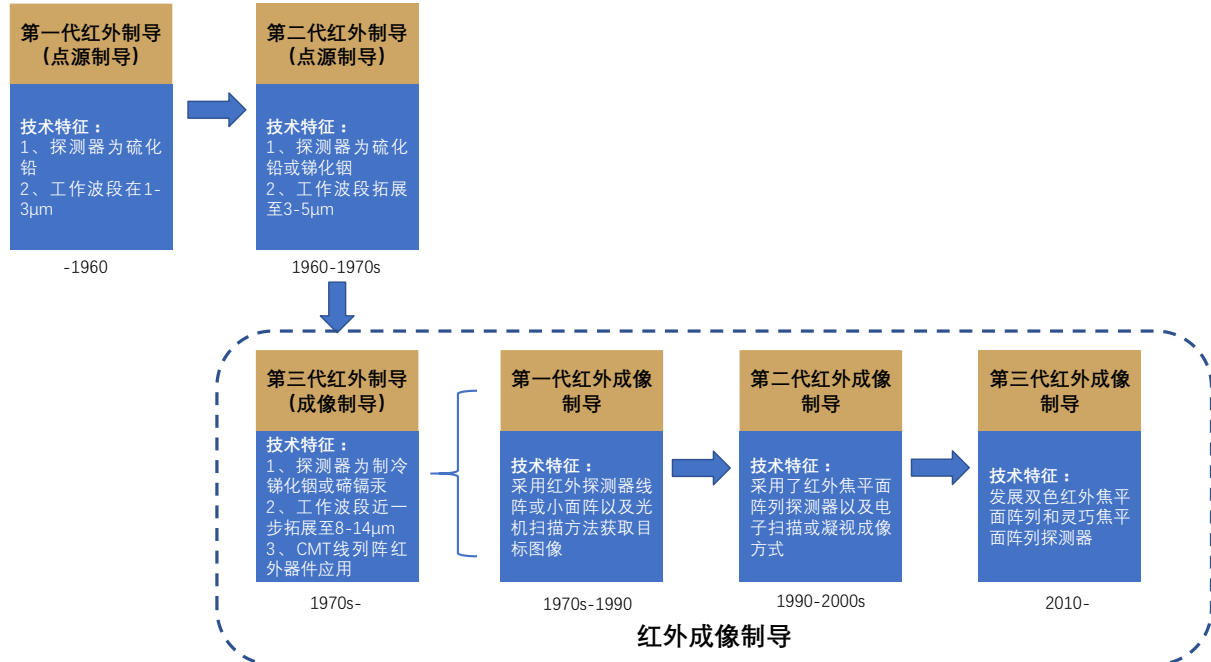
第二阶段为 20 世纪 60 年代中期至 70 年代。60 年代中期以后，由于飞机速度和机动能力都大为提高，再加上被攻击目标对红外诱饵的使用，使得第一代红外制导武器的作战效能明显下降。为此，一种改进的措施是，探测器采用了制冷的硫化铅或锑化铟，从而极大地提高了灵敏度；更为根本的改进是采用了工作波段在 $3-5\mu\text{m}$ 的中红外波段，改进了调制盘和信号处理电路，提高了跟踪速度和抗干扰能力，增大了对飞机的攻击角，以至能够在整个后半球内实施攻击。这一阶段制导武器的作战性能得到了较大的提高，虽然还是只能进行尾追攻击，但攻击区域和对付高速目标的能力有很大提高。

第一代和第二代红外制导技术都是采用非成像制导系统。都是把被攻击的目标视为点源，用调制盘或者圆锥扫描、章动扫描等方式，对原信号进行相位、频率、幅度、脉宽等调制，以获得目标的方位信息。这种系统结构简单、造价低、分辨率高、有使用方便、不依赖于复杂的火控系统等许多优点，但这种系统对存在强辐射红外干扰的环境，特别是对于攻击复杂红外背景的地面坦克、装甲目标，则效果十分乏力。

第三阶段为 20 世纪 70 年代中期以后。在 70 年代中期以后，由于工作在 $8-14\mu\text{m}$ 波段长的长波探测元件研制成功，特别是高性能的 CMT 线列阵红外器件的工程应用和红外成像技术的日趋成熟。红外探测器采用了高灵敏度的制冷锑化铟，并且改变了以往的光信号的调制方式，多采用了圆锥扫描和玫瑰线扫描，亦有非调制盘式的多元脉

冲调制系统，具有探测距离远，探测范围大、跟踪角速度高等特点，有的还具有自动搜索和自动截获目标的能力。在这一时期红外制导技术产生了一个大的飞跃。因此，这一阶段的红外制导武器可进行全向攻击和对付机动目标。这一阶段也标志着红外制导由红外点源制导发展到了红外成像制导。

图 4 红外制导技术发展概况



资料来源：《红外成像制导技术的应用研究》，华西证券研究所

此外红外热成像制导技术也经历了三代的发展。70年代发展起来的第一代红外成像制导技术的主要标志是，采用红外探测器线阵或小面阵以及光机扫描方法获取目标图像。80年代末期开始发展的第二代红外成像制导的主要标志是，采用了红外焦平面阵列探测器以及电子扫描或凝视成像方式。

目前正在发展的双色红外焦平面阵列和灵巧焦平面阵列探测器及其在红外成像导引头中的应用，将进一步提高红外成像制导导弹的抗干扰和目标识别能力，与先进的图像信息处理技术相结合，甚至有可能实现导弹的自主攻击。同时非制冷红外焦平面阵列的出现和在制导中的推广应用，将有助于简化导引头的设计和结构，有助于降低导引头的成本。

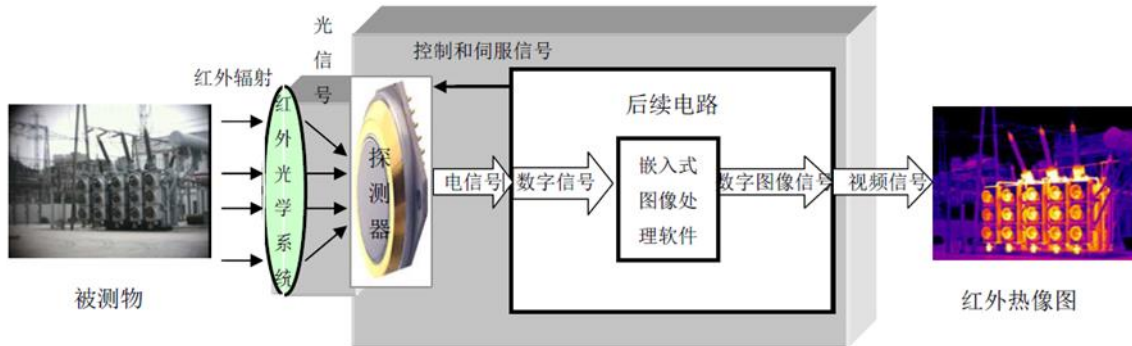
综合来看，红外制导技术的发展集中在四个方面：

- 1、在探测波段的发展上，经历了从近红外波段探测(1~3 μm)到中远红外波段探测(3~5 μm , 8~14 μm)；
- 2、在探测器类型上，经历了从非制冷硫化铅探测器、制冷硫化铅/碲化铋探测器到制冷/非制冷焦平面成像探测器；
- 3、在探测体制上，经历了从光机扫描到凝视焦平面探测的发展，从“点源”探测到“成像”探测的发展过程。

1.2. 红外成像制导的工作机理与优势

红外成像制导技术是利用红外成像导引头接收目标场景的红外辐射，形成目标场景的二维温度分布图像，并利用目标和背景红外辐射特性的差异，识别、捕获、跟踪目标，将制导武器导向目标的技术。

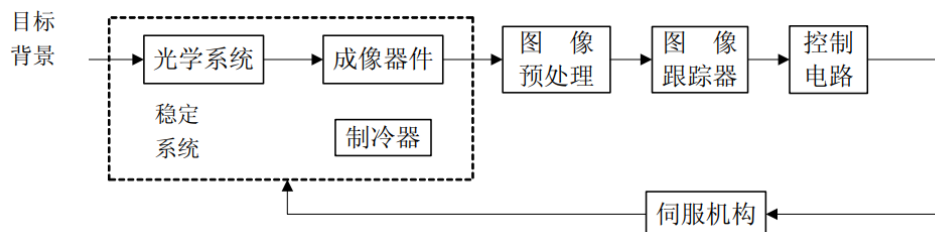
图 5 非制冷红外热成像仪的工作原理



资料来源：高德红外招股说明书，华西证券研究所

实现红外成像制导的核心部件是红外成像导引头。红外成像导引头主要由红外成像系统、红外图像视频信号处理系统、伺服跟踪系统组成。红外成像系统用来摄取目标场景的图像，将二维分布的场景红外辐射转变成一维时序视频信号。视频信号处理系统将红外成像系统输出的视频信号进行放大处理，完成目标识别，并给出不断修正的目标位置信息，输出到伺服跟踪系统，以驱动红外成像系统保持对目标的跟踪，同时输出给导弹自动驾驶仪，以使导弹保持正确的飞行路线，直至命中目标。

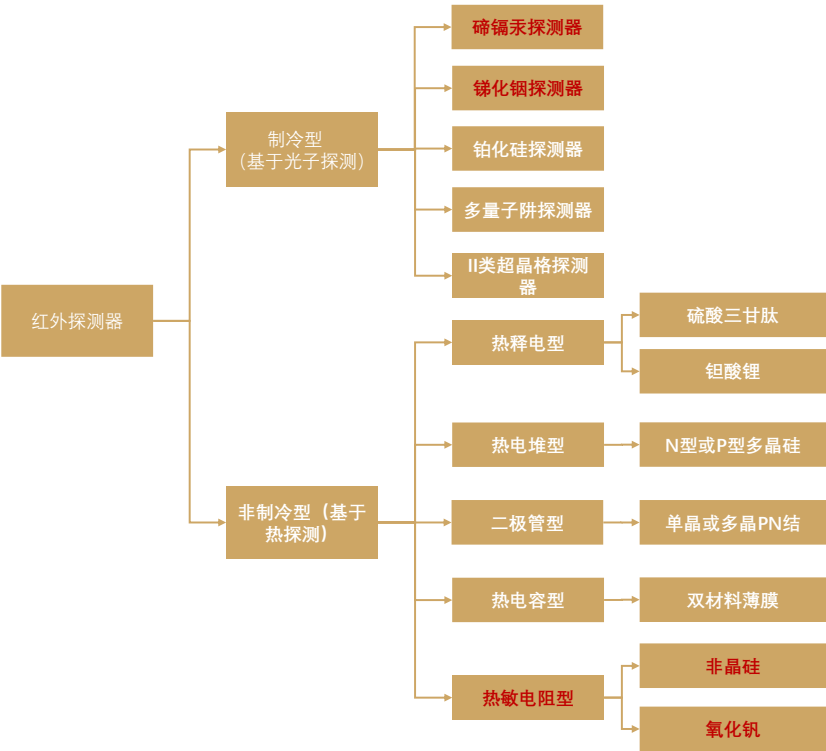
图 6 红外成像导引头的构成



资料来源：《红外成像制导技术的应用研究》，华西证券研究所

红外热像仪有多种分类方式，按照工作机理可以分为基于热效应的热探测器和基于光电效应的光子探测器。一般来说，光子探测器需要制冷，探测响应率高，而热探测器则不需要制冷，成本相对较低。

图 7 红外制导技术发展概况



资料来源：《红外光子探测器与热探测器性能分析》，华西证券研究所

在非制冷探测器中，热敏电阻型探测器最为常见，其中热敏材料可分为氧化钒（VOx）和非晶硅（ α -Si）两类。氧化钒的研究使用历史较长，20 世纪 80 年代初，美国的 Honeywell 公司在军方资助下开始研究氧化钒薄膜，并于 20 世纪 80 年代末研制出非制冷氧化钒微测辐射热计，其制备技术经过多年的发展已很成熟，在微测辐射热计产品中得到了广泛的应用。非晶硅则是 1992 年法国原子能委员会与信息技术实验室/红外实验室研发的探测器热敏材料，目前技术上也已非常成熟。

图 8 氧化钒材料



资料来源：百度百科，华西证券研究所

图 9 非晶硅材料



资料来源：百度百科，华西证券研究所

氧化钒和非晶硅作为两种最常用的热敏材料，两者的共同点为：

1、薄膜类型相同：两者都是半导体热敏薄膜，薄膜电阻温度系数 TCR 与电阻率成正比关系；

2、生产工艺基本相同：微测辐射热计技术与 CMOS 工艺兼容，能够与 CMOS 读出电路集成，可基于半导体制造工艺进行规模化生产，是非制冷红外探测器的主要技术。

具体的性能、工艺等方面两者有各自的优势：

噪声等效温差 (NETD) 方面：即热灵敏度，NETD 越小则红外热像像图更清晰，分辨率更高。由于非晶硅是无定形结构，呈现的 $1/f$ 噪声比 VOx 要高，所以 NETD 通常不如 VOx 材料，其中两者的 NETD 差距在 5-10mK，非晶硅在 40-50mk，氧化钒大约为 30-40mk。在温度的区分度上氧化钒能够识别 0.03°C ，而非晶硅为 0.1°C ，视觉上的直观体现为非晶硅相较氧化钒图像略有蒙纱感。

成本方面：非晶硅探测器的制造成本更低，主要是因为从材料和工艺上看非晶硅的和传统集成电路制造更加契合。硅为半导体制造中的常用材料，生产制备的工艺相对更成熟，而氧化钒非半导体工艺中的常用材料，且非常怕沾污，生产过程中需要额外的专用设备才可完成生产。

稳定性方面：两者稳定性的差距主要体现在晶圆级封装上，由于非晶硅的稳定范围在 450°C 以下，而氧化钒的稳定温度在 300°C 以下，因此晶圆级封装时氧化钒的温度窗口更小，同时由于氧化钒具有多种形态，如 V02 和 V205。所以在氧化钒探测器是制造过程中需要通过调整工艺来获得单一形态的氧化钒材料，导致制造工艺上更加复杂。

面阵方面：目前非晶硅更容易做到大面阵。主要原因为 PECVD 工艺下非晶硅的均匀性更好，制造过程中非晶硅在电阻阻值和温敏性上有更好表现，所以在校正环节工作量小，成品率更高，更容易将面阵做大。相比之下氧化钒则需要大量的校正工作，一定程度上阻碍了氧化钒探测器的大面阵发展。

响应时间方面：非晶硅的热响应时间更短。非晶硅材料可以将薄膜厚度控制的非常小，具有较低的热容，所以在保持较低热响应时间的同时也具有较小的热导，可一定程度兼顾图像刷新率和信号响应率的要求，目前非晶硅的热响应时间常数为 7ms 左右，而氧化钒一般在 10ms 左右，因此非晶硅探测器的帧频要高于氧化钒。

红外成像制导使用的探测器大都为制冷型红外探测器，这主要是由制冷红外探测器的超强性能以及战场环境所决定的。在探测器温度较低时（制冷探测器通常需要将温度降低到 77K 才能正常使用），制冷探测器（光子探测器）的探测效率明显高于热探测器，制冷型目前也是公认的实际应用中最佳的红外探测技术。目前非制冷探测器在导引头中的应用主要以作用距离较短的反坦克弹、小直径炸弹为主，其探测的目标普遍具有低速、低空的特性。

表 1 部分非制冷红外探测器应用的导弹

武器名称	制导模式	研制公司
精确攻击导弹 (PAM)	非制冷红外+激光	美国
近程-长钉 (Spike-SR)	非制冷红外+CCD	以色列
迷你-长钉 (Mini-Spike)	非制冷红外+CMOS	以色列
MMP 中程	非制冷红外+电视	法国
新“轻马特” (XATM-5)	非制冷红外	日本
“红箭-12”	非制冷红外或电视	中国
小直径炸弹 (SDB-II)	非制冷红外+毫米波+半主动激光	美国
联合空对地导弹 (JAGM)	非制冷红外+毫米波+半主动激光	美国
MASTER 隐身巡航导弹	非制冷红外+雷达	美国
FASGW 反舰导弹	非制冷红外	欧洲

资料来源：《应用于红外成像导引头的非制冷焦平面探测器》，华西证券研究所

红外热成像制导具有多种优势。其主要优势有灵敏度高、导引精度高、抗干扰能力强、可实现“发射后不管”、具备全天候功能以及强适应性等优势。这些优势使得红外成像制导自诞生以来一直是精确制导导弹家族中的宠儿，根据《浅析美国精确对地打击武器配系及作战使用》数据，海湾战争中，多国部队的飞机共发射了 5000 余枚“小牛”式空对地导弹，大约 2/3 是红外成像型制导的 AGM-65D，取得了显赫的战果。

表 2 红外制导的优势

灵敏度高	红外成像导引头具有很高的灵敏度，其噪声等效温差 $NETD \leq 0.05 \sim 0.1^\circ\text{C}$ ，很适合探测远程小目标的需求
导引精度高	红外成像导引头的空间分辨率很高， $\omega \leq 0.2 \sim 0.3\text{mrad}$ ，其温度动态范围也大（系统动态范围 100~300K），因此，多目标鉴别能力强
抗干扰能力强	红外成像导引头由于有目标识别能力，可以在复杂干扰背景下探测、识别目标。在对付地面目标（坦克群、机场跑道、港口、交通枢纽）的导引技术中，红外成像制导占有很大优势
可实现“发射后不管”	红外成像导引头具有在各种复杂战术环境下自主搜索、捕获、识别和跟踪目标的能力，并且能按威胁程度自动选择目标和目标的薄弱部位进行命中点选择，可以实现“发射后不管”
具有全天候功能	红外成像导引头可工作在 $8 \sim 14\mu\text{m}$ 远红外波段，该波段具有穿透烟雾能力，并可昼夜工作，是一种能在恶劣气候条件下工作的全天候探测的导引系统
具有很强的适应性	红外成像导引头可以装在各种型号的导弹上使用，只是识别、跟踪的软件不同。比较典型的产品有美国的幼畜导弹的导引头，可用于空/地、空/空、空/舰三型导弹上

资料来源：《红外成像制导技术的应用研究》，华西证券研究所

大气中存在着三个红外“窗口”： $1 \sim 3\mu\text{m}$ （短波红外）、 $3 \sim 5\mu\text{m}$ （中波红外）和 $8 \sim 14\mu\text{m}$ （长波红外）。在这三个波段工作的红外探测器敏感绝对温度的峰值分别为 1000K、500K 和 300K。制导武器所要攻击的军事目标的红外辐射温度分别为：飞机涡轮发动机尾焰约 1000K；加热的飞行器的表面温度可能是在 300~400K；行进中的坦

克温度可能在 400K 以上；而静止的坦克温度约为 300K，与它所在的环境温度相差不大。故可根据不同的场景选择不同波段的红外探测器进行制导。

因红外成像制导诸多的优点，其在空-地导弹、近程空-空导弹、反舰导弹、巡航导弹、弹道导弹中得到广泛应用，也大量用于反坦克导弹、多用途导弹、制导炮弹的改进与研制中。而作为红外成像制导技术核心的红外成像导引头，目前主要采用制冷型的碲镉汞、锑化铟线阵、小面阵、焦平面阵列探测器。为了获得了较大的视场，虽然个别采用了硅化铂 640×480 焦平面阵列探测器。但成本目前仍然是采用红外焦平面阵列成像导引头的重要制约因素。射程在 20km 以内的近程导弹多采用焦-汤制冷器对焦平面阵列探测器制冷，远程空-地导弹、巡航导弹等则采用整体式斯特林制冷器。

图 10 AIM-9X 导弹红外导引头（空空弹）



资料来源：新浪军事网, 华西证券研究所

图 11 ASRAAM 导弹（空空弹）



资料来源：中广军事网, 华西证券研究所

图 12 ATM-84H 导弹红外导引头（反舰弹）



资料来源：搜狐网, 华西证券研究所

图 13 Kh-59MK2 导弹导引头（空射巡航弹）



资料来源：新浪军事, 华西证券研究所

1.3. 红外制导技术未来发展方向

进入 21 世纪以后，对红外成像制导技术的要求作出了大的调整。未来战争要求制导武器能够在复杂地理环境、复杂气象环境和复杂电磁环境下有效作战，因此可以预见，在未来的武器型号研制进程中，红外成像制导技术还将会发生很大的变革，随之带来的是组成红外成像导引头的各单元技术的变革，以及包括仿真、测试等总体技术的发展。目前来看，红外成像制导的主要发展趋势有：智能化、非制冷、复合化和多用途等。

(1) 智能化：未来红外成像制导导引头需要具备多任务、集群协同作战能力以及实时任务装订功能。多任务是指导引头具备跟踪多种目标的能力；集群协同作战是指在使用多种 / 枚制导弹药进行集群攻击时，导引头具有战场态势感知并根据战场态势调整攻击任务和自动任务分配的能力；实时任务装订功能则是指导弹发射后可通过导弹与载机之间的数据链实时为导引头装订任务数据，一方面可以缩短导弹发射前的准备时间，另一方面飞行员可以根据战场态势临时更改导弹的任务使命。

(2) 非制冷：非制冷红外焦平面阵列凝视成像制导是未来的一个重要发展方向。非制冷型红外探测器已开始成像红外导引头中应用。由于其使红外成像系统摆脱了制冷器，有助于成像红外导引头的小型化和低成本，因此已经受到普遍的关注。随着非制冷型红外探测器的发展，其探测灵敏度会不断提高，将能充分满足红外成像导引头的使用要求；而且成本将进一步降低，更加适合在一次性使用的导弹和制导弹药中应用。因此，可以预料非制冷的红外成像导引头将会得到更加广泛的应用，非制冷红外成像制导是一个重要发展方向。

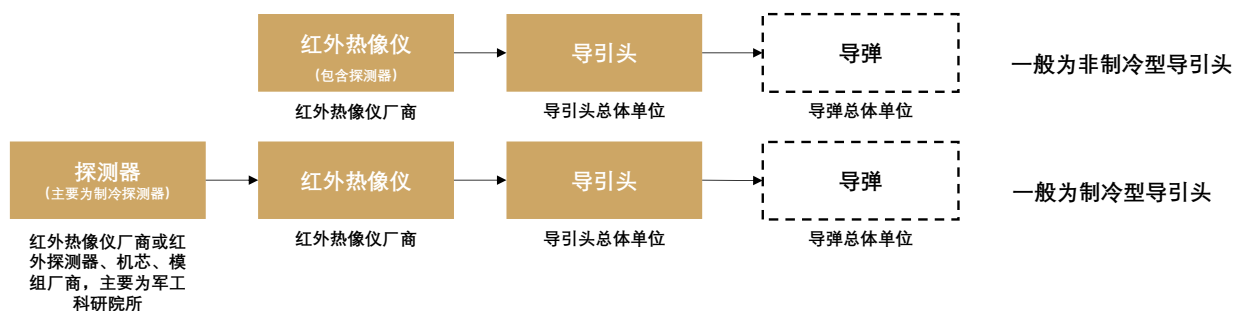
(3) 复合化：随着战场环境的日益复杂化，以及对抗技术、隐身技术等的发展，要求制导武器具有更高的在恶劣的气候条件下和复杂的战场环境中的目标识别能力、抗干扰能力、“发射后不管”的自主作战能力等。因此，单一的制导模式已不能完全适应未来作战的要求，大力发展多模/复合制导技术势在必行。红外成像制导已成为复合/多模制导模式中的一个重要模式。红外成像/毫米波、红外成像/雷达、红外成像/紫外、红外成像/激光、红外成像/激光/毫米波雷达等双模或三模导引模式，以及红外成像+中段制导的复合制导模式，已在多种制导武器中应用。被动红外成像制导模式与毫米波制导等主动制导模式、被动红外成像末制导模式与 GPS 等中段制导模式互为补充，将是复合/多模制导武器系统广泛使用的一种制导模式。

(4) 多用途：早期红外成像制导技术大多围绕某一战术、战略目标而设计，功能、使命单一；未来成像制导导引头将会肩负更多的使命，如中制导、末制导、侦察以及打击效果评估等；导引头的多用途还包括采用多色、多模复合制导技术实现 ATR 功能，提高导引头的抗干扰能力以及导引头的使用灵活性等。

2. 红外成像制导产业链情况

红外成像制导以红外导引头为产品形式，导引头作为产品本身其产业链较短。不考虑基础原材料，从红外探测器芯片到完整的导弹导引头，我国的情况主要可分为两级或三级配套模式。一般两级配套的模式为厂商直接提供红外热像仪至导弹总装厂制成红外导引头；三级配套则属于厂商 A 提供红外探测器芯片、模组或机芯，由厂商 B 配合其镜头、算法等集成为红外热像仪再供应至导引头总体单位。

图 14 红外成像导引头的构成



资料来源：《红外成像制导技术的应用研究》，华西证券研究所

红外热像仪是红外导引头的核心器件，而红外探测器则是红外热像仪的最核心器件。早期红外探测器技术被美国、法国、日本等国家垄断，国内探测器全部依赖进口。由于探测器成本占到了红外热像仪的 60%，直接导致国产红外热像仪价格昂贵。2008 年前后，我国陆续有企业走上红外热成像技术的自主研发之路，政府也通过各项政策和专项提供了良好的科研环境，从 2015 年起，我国已能够自主生产红外探测器、机芯等红外热像仪所需的全部关键零部件，目前我国红外设备制造产业整体呈现出了军工集团、中科院系科研院所和少量优质民营企业三大体系并存的格局。

其中制冷型探测器主要生产厂商为兵器工业集团 211 所，电子科技集团 11 所和中科院上海技物所，三家也是国内制冷型探测器的主要供应商。

图 15 国内红外制造产业链主要参与单位



资料来源：公开资料整理，华西证券研究所

由于制冷型探测器的使用领域非常窄，大多数为高端军用，因此目前国内在制冷探测器的产能方面略有过剩。相较之下非制冷探测器由于兼具军用和民用，而民用红外设备正处于市场快速上升的时期，因此产能相对不足。

目前 A 股中主要有大立科技、高德红外和睿创微纳三家企业具备红外探测器以及红外热成像仪的研制能力，三者主要为导弹总装厂提供导引头红外热像仪为主。三者的技术路径如下：

表 3 三家红外公司的基本情况

公司名称	探测器类型	热敏材料	竞争优势	导引头产品情况
高德红外	制冷&非制冷	氧化钒&非晶硅	探测器类型最全，技术综合实力强，拥有三条 8 英寸（制冷、非制冷）红外探测器芯片生产线，也是国内唯一一家能批量交付 II 类超晶格长波探测的厂商；军品的研制生产经验丰富，是极少数取得武器总体资质和相关产品的厂商	以导引头红外热像仪为主，制冷型探测器部分外采，部分自主供应；非制冷型探可自主供应
睿创微纳	非制冷	氧化钒	专注于非制冷氧化钒红外探测器研制生产技术，氧化钒技术国际领先，在小像元技术方面国内领跑（10 μm），探测器机芯出货量最大，当前在向下红外整机设备积极拓展，目前在消费级市场（打猎枪瞄）领域进展突出	进入导引头领域时间较短，主要产品以导引头红外热像仪为主，制冷型探测器均为外采，非制冷型可自主供应
大立科技	非制冷	非晶硅	国内非晶硅技术龙头，获得了三期核高基专项支持，在大面阵领域国际领先，2019 年成功研制出 12 μm 像元、3072×2048 规格 600 万像素非制冷红外焦平面探测器，是业内首款达到 600 万像素级的产品。同时也是首家解决了在高马赫数下，红外气动效应难题的单位。军品方面公司目前在向机载光电吊舱整舱发展	主要产品为导引头红外热像仪，覆盖型号最广，总体出货量规模最大，制冷型探测器均为外采，非制冷型可自主供应

资料来源：公司公告，华西证券研究所

3. 风险提示

导弹研制进展缓慢，军品需求不及预期。

分析师与研究助理简介

陆洲：华西证券研究所军工行业首席分析师，北京大学硕士，10年军工行业研究经验。曾任光大证券、平安证券、国金证券研究所军工行业首席分析师，华商基金研究部工业品研究组组长，东兴证券研究所所长助理兼军工首席分析师。曾获2019年中国证券业分析师金牛奖军工行业第一名。

朱雨时：华西证券研究所军工行业研究助理，电子科技大学学士、中央财经大学硕士，2020年加入华西证券。

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

公司评级标准	投资 评级	说明
以报告发布日后的 6 个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过 15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在 5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在 -5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数 5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过 15%
行业评级标准		
以报告发布日后的 6 个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过 10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在 -10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过 10%

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园 11 号丰汇时代大厦南座 5 层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

华西证券免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。