



Research and
Development Center

红外核心技术+民营武器总体稀缺资质，民营军工集团初具雏形

——高德红外（002414.SZ）首次覆盖报告

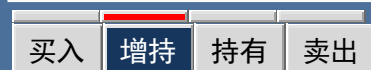
2019年03月11日

李勇鹏 行业分析师

证券研究报告

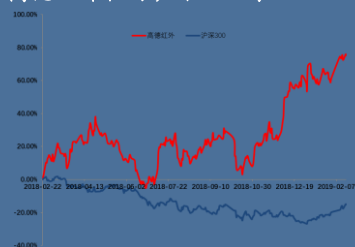
公司研究——首次覆盖

高德红外 (002414.SZ)



首次评级

高德红外相对沪深 300 表现



资料来源：信达证券研发中心

公司主要数据 (2019.3.8)

收盘价 (元)	26.24
52 周内股价波动区间 (元)	12.08-27.67
最近一月涨跌幅 (%)	23.02
总股本 (亿股)	6.24
流通 A 股比例 (%)	76.27
总市值 (亿元)	163.80

资料来源：信达证券研发中心

信达证券股份有限公司
CINDA SECURITIES CO.,LTD
北京市西城区闹市口大街 9 号院 1 号楼
邮编：100031

李勇鹏 军工行业分析师
执业编号：S1500517110001
联系电话：+861083326846
邮箱：liyongpeng@cindasc.com

红外核心技术+民营武器总体稀缺资质，民营军工集团初具雏形

首次覆盖报告

2019 年 3 月 11 日

本期内容提要：

- **红外成像领域领导者，实现了民营企业从零件到总体的产业链升级。**高德红外是热红外成像行业领导者，核心业务为红外热成像仪研制生产，多年来公司沿着产业链上下游持续深入布局，突破国外对红外成像领域核心器件控制，掌握了上游核心红外探测器技术，拓展了下游向武器系统总装研制能力，实现了“零件供应——分系统配套——总体设计”的产业链升级。
- **在红外成像领域具有核心竞争力。**公司拥有完全自主知识产权的红外探测器全套研制批产技术，拥有完整且领先的红外技术体制。在非制冷红外探测器方面，公司氧化钒技术体制在成本及技术上具有明显优势，搭建了目前唯一的非制冷晶圆级封装生产线，成本及效率将得到极大优化。在制冷型红外探测器方面，公司碲镉汞制冷型红外焦平面探测器、中波及长波“II 类超晶格”制冷型红外探测器研发生产线均实现了百分百国产化，对满足我国军事工业在先进红外探测器方面需求有及其重要作用。完整的技术体制、领先的研发生产能力、平台化的发展思路，使得高德红外在红外成像领域具备了足够深的技术护城河，未来随着晶圆级封装探测器量产，封装效率将会大幅提高、器件成本将有效降低，对整个红外产业发展有着推动作用，同时民品市场或将随着成本降低而实现应用场景的大规模拓展。
- **民营军工集团初具规模，总体资质及能力具有稀缺性，未来极具发展潜力。**公司是首家、也是目前唯一一家取得完整武器系统总体研制资质的民营企业，目前已实现某型武器系统总体批产，且正式中标军方项目，民营武器总体军工集团初见规模，在资质、总体研发设计能力上均具有很大潜力和极强稀缺性。
- **看好公司产业链地位提升带来的经营效率提高。**我们认为随着公司从零部件供应商向总装企业发展，公司产业链地位将明显提升，公司订单回款周期将向总装企业靠拢，将会明显缩短，应收款项、预付款项、预收款项、库存等方面对资金占用将大幅降低，公司现金流情况将显著改善，资产周转率将显著提高。
- **盈利预测与投资评级：**我们预测公司 2018-2020 年将实现摊薄每股收益 0.21 元、0.35 元、0.44 元。对应动态市盈率（股价 26.24 元）分别为 124.77 倍、75.61 倍、60.27 倍。基于高德红外在红外成像领域产品技术的领先性、作为民营军工总装企业市场地位的稀缺性，首次覆盖给予“增持”评级。
- **风险因素：**红外成像产品需求不及预期，红外焦平面探测器量产进度及良率不及预期，单兵反坦克导弹订单规模不及预期，红外成像产品在消费领域推进不及预期。

重要财务指标	2016A	2017A	2018E	2019E	2020E
营业总收入(百万元)	810.33	1,016.46	1,084.5	1,597.32	2,026.80
增长率 YoY %	28.1%	25.4%	6.7%	47.3%	26.9%
归属母公司净利润(百万元)	70.86	58.44	131.28	216.64	271.80
增长率 YoY%	11.77%	-17.52%	124.62%	65.02%	25.46%
毛利率%	52.45%	49.87%	49.90%	54.68%	54.66%
净资产收益率 ROE%	2.47%	1.78%	3.9%	6.1%	7.18%
EPS(摊薄)(元)	0.11	0.09	0.21	0.35	0.44
市盈率 P/E(倍)	231.18	280.27	124.77	75.61	60.27
市净率 P/B(倍)	5.04	4.96	4.77	4.49	4.18

资料来源：万得，信达证券研发中心预测注：股价为2019年3月8日收盘价

目录

投资聚焦	1
走向武器系统总装环节的民营军工企业	3
军民品热红外成像行业领先者	3
从集成到芯片研发生产，突破红外成像关键技术	4
取得武器系统总体资质，产业链地位持续提升	5
上市来收入稳健增长，净利润改善迹象显现	6
红外成像产业简介	7
红外线简介及红外热像仪成像原理	7
红外成像系统核心：红外探测器	10
红外成像仪应用及市场规模	15
红外成像仪在军民领域应用	15
全球红外市场规模	17
国内红外成像市场规模	19
国内红外成像领域技术进展及趋势	19
非制冷焦平面探测器技术进展	19
制冷型红外热像仪国内外技术进展	21
高德红外在国内红外成像领域技术深度与广度处于领先地位	22
十年磨一剑，民营武器总体军工集团初见规模	23
我国首家具备武器总体资质的民营企业，具备研发至批产全周期能力	23
“第四代”单兵反坦克导弹对标美国“标枪”反坦克导弹	24
反坦克导弹潜在市场广阔	25
盈利预测、估值与投资评级	27
盈利预测及假设	27
风险因素	28

表目录

表 1: 高德红外子公司及主营业务	5
表 2: 红外热像仪核心部件及功能	9
表 3: 红外探测器分类情况	11
表 4: 不同封装技术及技术优缺点	14
表 5: 红外热像仪在军事领域应用	16
表 6: 红外热像仪在军事领域应用	16
表 7: 国内红外潜在市场	19
表 8: 国外典型厂家非制冷焦平面探测器性能	20
表 9: 国内典型厂家非制冷焦平面探测器性能	21
表 10: 我国导弹武器出口数量占比逐步提升	26
表 11: 分业务营业收入预测（单位：亿元）	27
表 12: 分业务成本及毛利率预测（单位：亿元）	27
表 13: 行业可比公司估值情况	28

图目录

图 1: 红外热成像仪是高德红外主要产品	3
图 2: 公司主要红外产品及应用领域	3
图 3: 高德红外上市以来在红外探测器芯片领域技术突破及产业化进程	4
图 4: 高德红外在军品生产领域已经实现了从零件到总体的能力提升	6
图 5: 高德红外营收	7
图 6: 高德红外归母净利润	7
图 7: 高德红外营收构成（单位：亿元）	7
图 8: 高德红外营收占比	7
图 9: 红外线在光谱中波长分布	8
图 10: 红外热像仪工作原理图	8
图 11: 红外热像仪生产工艺流程	9
图 12: 红外探测器技术发展路线图	10
图 13: 红外焦平面探测器芯片组结构	12
图 14: 红外焦平面探测器芯片组结构	12
图 15: 国内外非制冷红外焦平面探测器对比	14
图 16: 各探测器生产商技术体制及市场份额	14
图 17: 红外探测器像元尺寸及间距减小，探测器尺寸明显减小	15
图 18: 军用红外市场稳定增长	17
图 19: 全球民用红外市场发展迅速	18
图 20: FLIRA8200sc	22
图 21: FLIRA8300sc	22
图 22: 高德红外 SmartCore615	22
图 23: 久之洋 JIR-2641	22
图 24: 火箭 12 反坦克导弹发射系统	24
图 25: 火箭 12 反坦克导弹	24
图 26: 2007 至 2016 年全球军贸市场出口各类型导弹数量	25
图 27: 2007 至 2016 年全球军贸市场出口各类型导弹占比	25

投资聚焦

核心观点

1、看好公司在红外探测领域的核心竞争力

公司拥有完全自主知识产权的红外探测器全套研制批产技术，拥有完整且领先的红外技术体制。在非制冷红外探测器方面，公司应用的氧化钒技术体制在成本及技术上有明显优势，搭建了国内第一条也是目前唯一一条非制冷晶圆级封装生产线。

在制冷型红外探测器方面，公司成功研制了国际一流的 8 英寸 0.5um 碲镉汞制冷型红外焦平面探测器研发生产线、中波及长波“II 类超晶格”制冷型红外探测器研发生产线，均实现了百分百国产化，对满足我国军事工业在先进红外探测器方面需求有极其重要作用。

完整的技术体制、领先的研发生产能力、平台化的发展思路，使得高德红外在红外成像领域具备了足够深的技术护城河，未来随着晶圆级封装探测器量产，封装效率将会大幅提高、器件成本将有效降低，对整个红外产业发展有着推动作用，同时民品市场或将随着成本降低而实现应用场景的大规模拓展。

2、看好公司作为民营军工企业在武器总体设计生产领域的发展潜力和稀缺性

公司作为热红外成像行业领导者，在深耕红外热成像核心业务同时，多年来在产业链上下游持续深入布局，拓展了下游向武器系统总装研制能力，实现了“零件供应—分系统配套—总体设计”产业链升级。公司是首家、也是目前唯一一家取得完整武器系统总体研制资质的民营企业，目前已实现某型武器系统总体批产，且正式中标军方项目，民营武器总体军工集团初见规模，在资质、总体研发设计能力上均具有很大潜力和极强稀缺性。

我们认为在国防工业深化改革过程中，民营企业有望突破以往集中在零部件、非核心器件的业务天花板，具有总装、分系统研制潜力的民营企业体制门槛将会降低，民企参军的技术含量、附加值及体量将会有明显提升。这类民企需要在资本、产能、技术方面具有储备优势，可以承接保军任务，同时能抵御军品周期波动风险，因此如高德红外等具有转军能力的中型制造业优势民营企业，最有希望在这一领域获得突出表现。

3、看好公司核心技术转化及产业链地位提升带来的经营效率的提高

我们认为未来几年随着红外焦平面探测器产线量产、以及单兵反坦克导弹列装带来的订单增长，公司收入将大幅增长。同时 3 条红外焦平面探测器产线量产后，核心元器件焦平面探测器可实现自我供应，带来原材料成本降低；第二，量产后规模效应带来成本降低；第三，晶圆级封装产线量产后带来探测器制造成本的有效降低。

公司产业链地位提升带来营运效率提高。我们认为随着公司从零部件供应商向总装企业发展，公司产业链地位将明显提升，公司订单回款周期将向总装企业靠拢，将会明显缩短，应收款项、预付款项、预收款项、库存等方面对资金占用将大幅降低，

公司现金流情况将显著改善，资产周转率将显著提高。

盈利预测与投资评级

我们预测公司 2018-2020 年将实现摊薄每股收益 0.21 元、0.35 元、0.44 元。对应动态市盈率（股价 26.24 元）分别为 124.77 倍、75.61 倍、60.27 倍。基于高德红外在红外成像领域产品技术的领先性、作为民营军工总装企业市场地位的稀缺性，首次覆盖给予“增持”评级。

核心假设及风险因素

- 1， 红外成像产品需求不及预期，红外焦平面探测器量产进度及良率不及预期；
- 2， 单兵反坦克导弹订单规模不及预期；
- 3， 红外成像产品在消费领域推进不及预期。

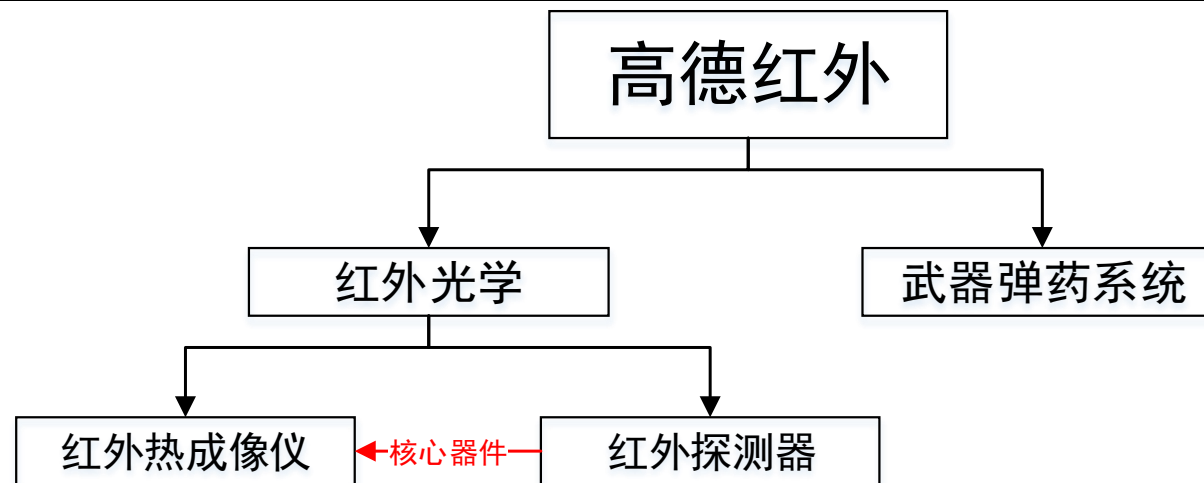
走向武器系统总装环节的民营军工企业

军民品热红外成像行业领先者

高德红外是热红外成像行业领导者，核心业务为红外热成像仪研制生产，多年来公司沿着产业链上下游持续深入布局，突破国外对红外成像领域核心器件控制，掌握了上游核心红外探测器技术，拓展了下游向武器系统总装研制能力，实现了“零件供应——分系统配套——总体设计”的产业链升级。

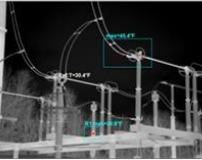
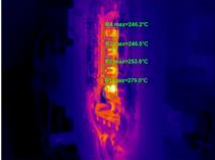
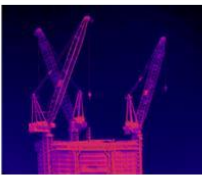
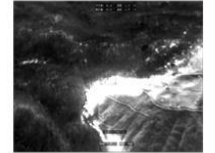
公司红外成像仪、红外探测器产品种类齐全，可面向国防安全、执法搜救、温度测量、热像视觉、辅助驾驶等政府国防、工业及商业领域提供全面产品和配套解决方案。公司具备红外核心器件自主研发能力、高端红外光学设计加工能力、精密光机结构设计加工能力、核心电子电路硬件集成能力、人工智能机器图像处理技术能力、高精度稳定平台伺服控制能力、先进光电系统总体集成能力，是规模化的全红外产业链研制基地。

图 1: 红外热成像仪是高德红外主要产品



资料来源：公司公告，信达证券研发中心

图 2: 公司主要红外产品及应用领域

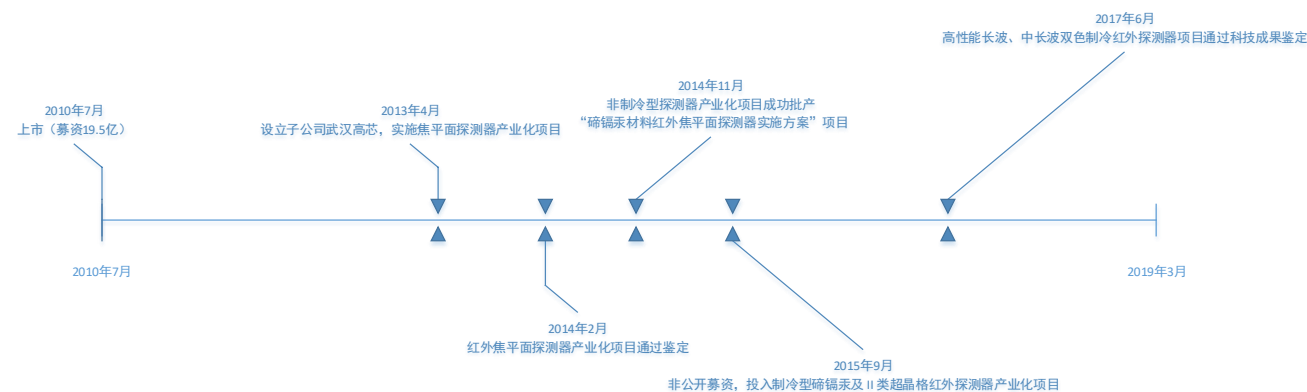
温度检测  红外热像仪在输电电力中的应用  红外热像仪应用于太阳能检测  红外热像仪检测石化设备故障  红外热像仪保障工业产品质量  红外热像仪应用于建筑检测  红外热像仪助力检验检疫部门  红外热像仪辅助早期医疗诊断    B系列 工具型红外热成像仪  D系列 智能型红外热成像仪  OR2 测温型红外热成像机芯  IPT640 高分辨率在线测温热像仪	安全监控  红外热像仪应用于城市监控  红外热像仪应用于边防监控  红外热像仪应用于口岸码头监控  红外热像仪应用于边境监控    Plug系列 非制冷红外标准机芯  CUBE系列 非制冷红外标准机芯  DM系列 小型有/无制冷双光一体化  Plug 417 非制冷红外标准机芯监控系统	执法搜救  红外热像仪应用于警用搜救  红外热像仪应用于消防救援  红外热像仪应用于森林防火  红外热像仪应用于海事救援    TMS7108系列 无人机光电吊舱  TMS7138A 无人机光电吊舱  TMS7130A 无人机光电吊舱  IR571DA 舰载光电跟踪取证系统  IR521系列 多功能制冷/非制冷式  IR5210 多功能制冷/非制冷式红外热像仪	个人视觉  红外热像仪应用于户外夜视  红外热像仪应用于智能家居  红外热像仪应用于车载夜视    IR510系列 入门级手持式红外热成像夜视仪  IR517系列 多功能手持式红外热成像夜视仪  IR516系列 双目手持式非制冷红外热成像夜视仪  TA435系列 前单式红外热像仪
---	---	---	--

资料来源：公司官网，信达证券研发中心

从集成到芯片研发生产，突破红外成像关键技术

2010 年上市初期，公司掌握的技术仅为红外光学系统自主设计、后续电路独立开发及图像处理软件等，而占红外热成像仪成本约 70%的关键零部件焦平面探测器仍需向国外进口，此时的高德红外业务更侧重于集成，关键器件技术仍未能自主掌握。通过上市募集资金投向热成像仪产业化基地、红外线焦平面探测器产业化项目，凭借多年研发投入，公司于 2013 年实现了焦平面探测器国产化，继而顺利实现探测器产业化，掌握了红外成像核心器件红外探测器研制生产关键技术，完成了从上游红外核心器件到最终军民用品的全产业链构建，公司核心竞争力大幅提升。

图 3：高德红外上市以来在红外探测器芯片领域技术突破及产业化进程



资料来源：公司公告，信达证券研发中心

在红外探测器芯片技术攻关及产业化突破后，公司提出平台化发展战略，由单一的红外热成像仪制造商，向红外芯片和平台供应商转变，并依此建立平台产品体系，着力打造红外“芯”平台，以实现模块化、标准化、规模化发展红外事业。目前公司共有子公司 9 家，除部分开展贸易业务外，各核心子公司分别对应探测器、武器系统、汽车市场、消费市场、安防信息化等各领域的产品和业务开拓，形成了以芯片为核心、行业应用为场景的业务条线，平台化发展初具雏形。

表 1：高德红外子公司及主营业务

子公司	直接持股比例 (%)	主营业务
高芯科技	87.57 (回购后)	焦平面探测器研发生产
高德技术	100	软件业务
优尼尔	97.25	贸易
汉丹机电	100	精确打击武器系统研发生产
轩辕智驾	100	红外车载夜视系统市场开拓，持续拓展智能汽车产业链
智感科技	100	逐步实现红外热成像技术在智能家居等领域的“消费品化”
安信科技	100	发展红外产品在安防监控及信息系统集成方面的应用，推广以无人机、红外热成像技术产品为核心的行业解决方案，满足警用及政务市场方面的应用需求
工研院	100	-
前视远景	100	贸易

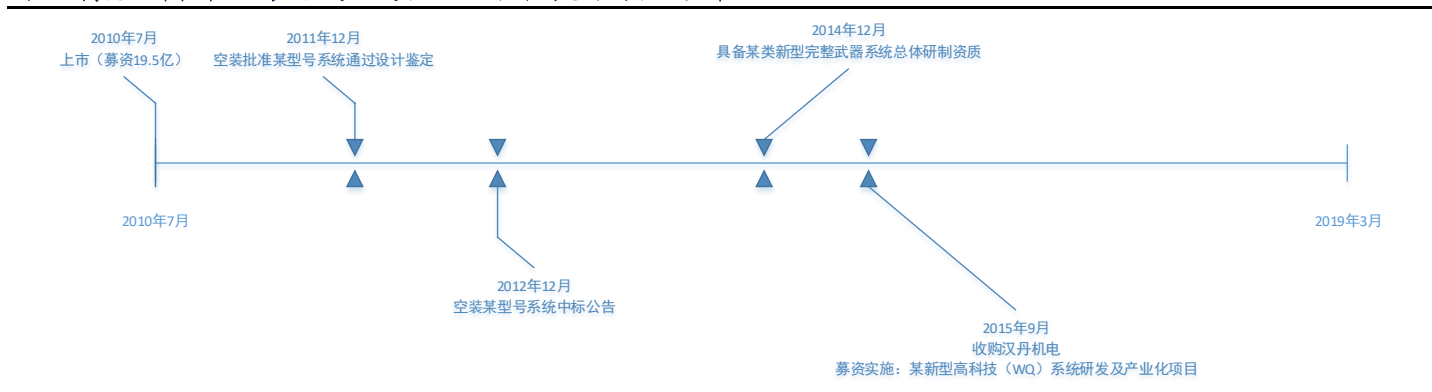
资料来源：万得，信达证券研发中心

取得武器系统总体资质，产业链地位持续提升

高德红外始终走在民参军阵营前列。高德红外上市前在 2004 年就已进入军工领域，上市后 2011 年某型号系统通过空装设计鉴定并转入批产，表明公司具备系统设计配套能力；2014 年底公司取得某类新型完整武器系统总体研制资质，成为首家进入

完整武器系统总体研制领域的民营企业；2015 年通过收购汉丹机电，公司具备了火工品科研生产资质、人才和技术，推进了精确制导武器系统研发生产进度，为尽早实现“第四代”便携式红外“自寻的”反坦克导弹武器系统的批量生产提供了保障。公司作为民营企业，在民参军方面进度一直保持在民营企业前列，在提升公司科研实力、完善公司产业链的同时，公司产业链也将从单纯以红外热成像技术为核心的综合光电系统及精确打击武器系统延伸至包含完整武器系统总体研制生产领域。

图 4：高德红外在军品生产领域已经实现了从零件到总体的能力提升

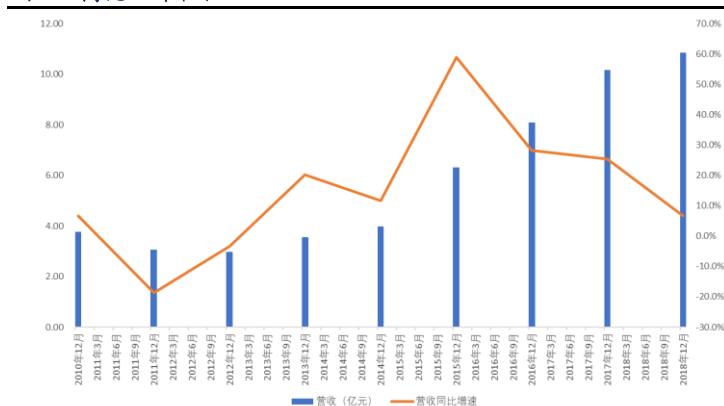


资料来源：公司公告，信达证券研发中心

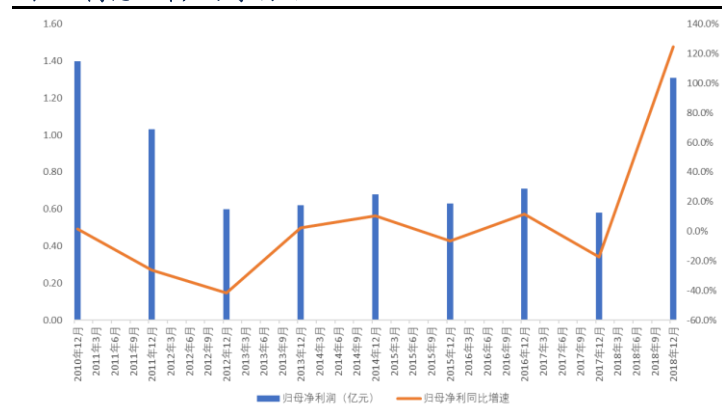
上市来收入稳健增长，净利润改善迹象显现

2017 年公司整体实现 10.16 亿营收，2018 年业绩快报公告公司实现收入 10.85 亿，同比增长 6.69%。自上市以来公司收入增长较为稳定，除 2010、2011 两年收入小幅下滑外，公司收入一直保持稳健增长。2015 年收购汉丹机电，汉丹机电的并表对公司收入及利润有较大贡献。

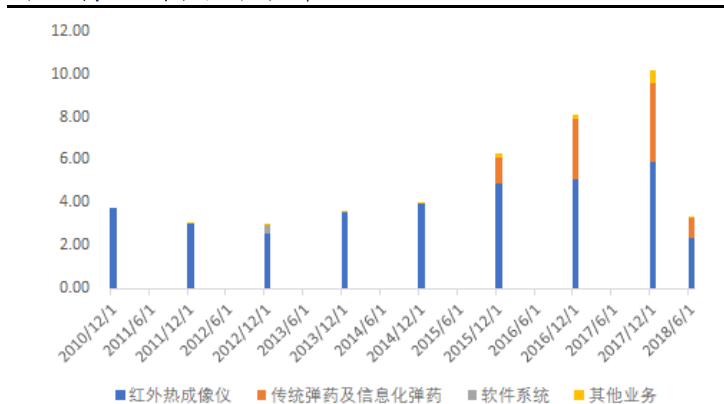
公司净利润波动幅度较大，主要是公司上市以来一直保持高比例研发投入，上游材料价格波动、以及由于下游客户回款账期较长对公司净利润影响显著。随着公司前期研发投入成果转入产业化实施、核心器件实现自主供应、公司应收账款回款周期缩短，公司近一年来净利润增长明显转好，公司发布 2018 年快报公告，预计实现归母净利润 1.31 亿元，较上年同期增长 124.63%。

图 5：高德红外营收


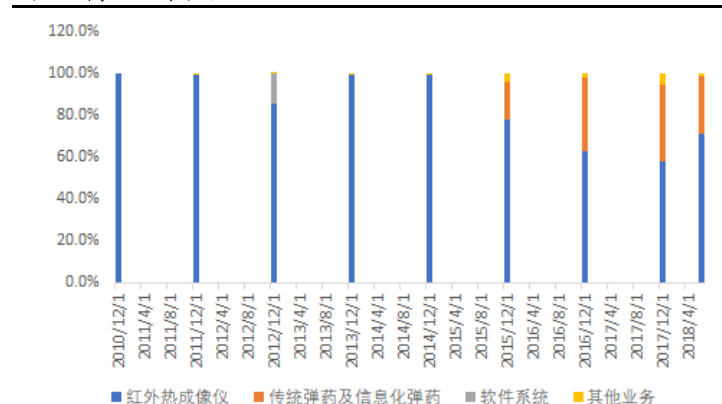
资料来源：万得，信达证券研发中心

图 6：高德红外归母净利润


资料来源：万得，信达证券研发中心

图 7：高德红外营收构成（单位：亿元）


资料来源：万得，信达证券研发中心

图 8：高德红外营收占比


资料来源：万得，信达证券研发中心

红外成像产业简介

红外线简介及红外热像仪成像原理

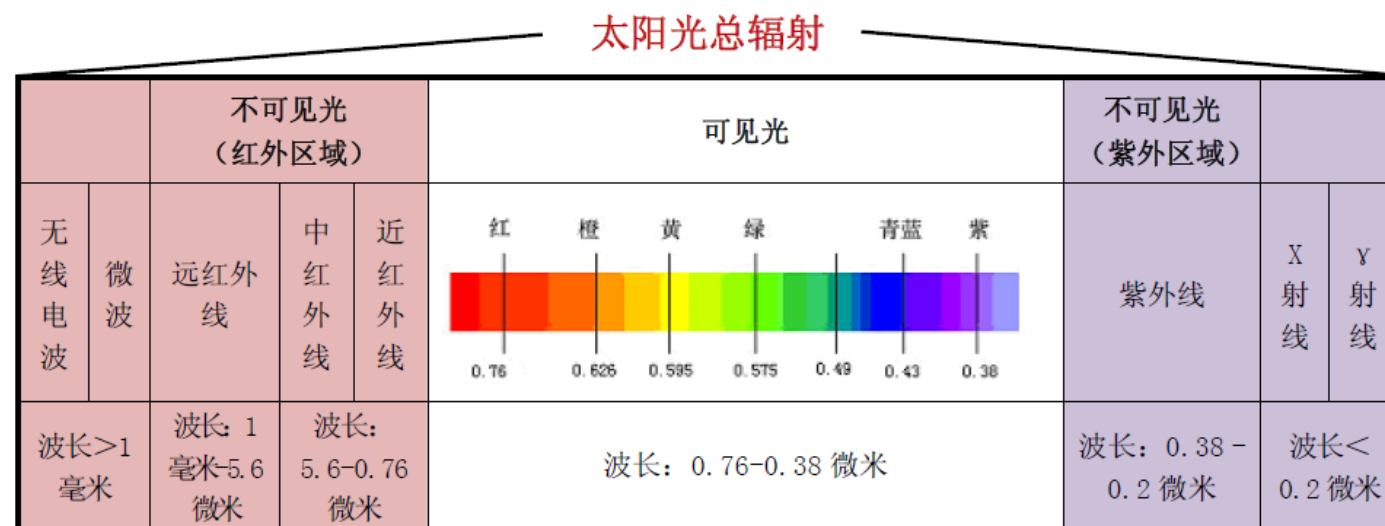
红外线是一种人眼不可见的光波，其波长在 0.76 至 1000 微米之间，大于可见光、小于微波及无线电波。由于红外线产生是基于物体分子的热运动，所有温度高于绝对零度（-273℃）的物体都不断辐射红外线，在自然界中红外线普遍存在。

红外线有两个特点:

第一， 穿透性。红外线中，存在两个穿透性非常好的波段，即 3~5 微米和 8~14 微米的红外线，这两个波段的红外线能穿透大气和烟雾，使人们在完全无光的漆黑夜晚，或是在烟雾密布的战斗，都能清晰地观察到前方的情况。利用这一特点开发出红外热像仪，可广泛应用于军事领域、以及消防等民用领域。

第二， 与温度相关性。所有温度高于绝对零度（-273℃）的物质都不断地辐射着红外线的现象，也称为热辐射，而热辐射能量的大小，直接和物体表面的温度和材料特性相关。利用这一特点开发出的红外热像仪，可以将物体的温度差异通过图像清楚地视频中显示出来，从而可以对物体进行无接触式温度测量和热状态分析，为工业生产、节约能源、环境保护等方面提供了一个重要的检测手段和诊断工具，可广泛应用于民用领域。

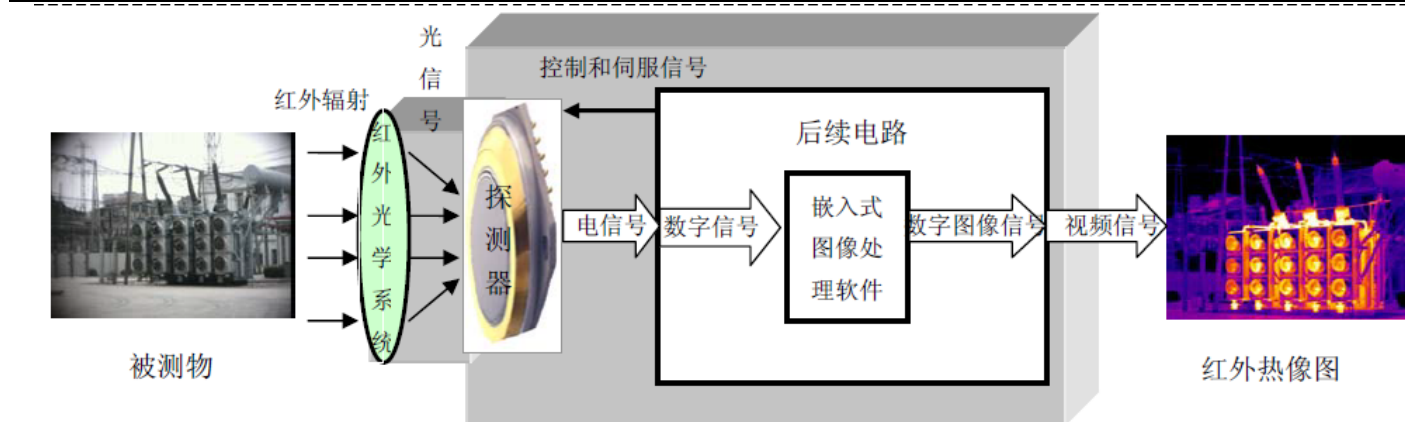
图 9：红外线在光谱中波长分布



资料来源：久之洋招股说明书，信达证券研发中心

红外热像仪也叫红外成像系统或红外探测系统，是一种成像装置。普通相机是基于可见光的成像装置，而红外热像仪是利用探测目标物体的红外辐射，并通过光电转换、电信号处理等手段，将目标物体的温度分布图像转换成视频图像的高科技产品。

图 10：红外热像仪工作原理图



资料来源：高德红外招股说明书，信达证券研发中心

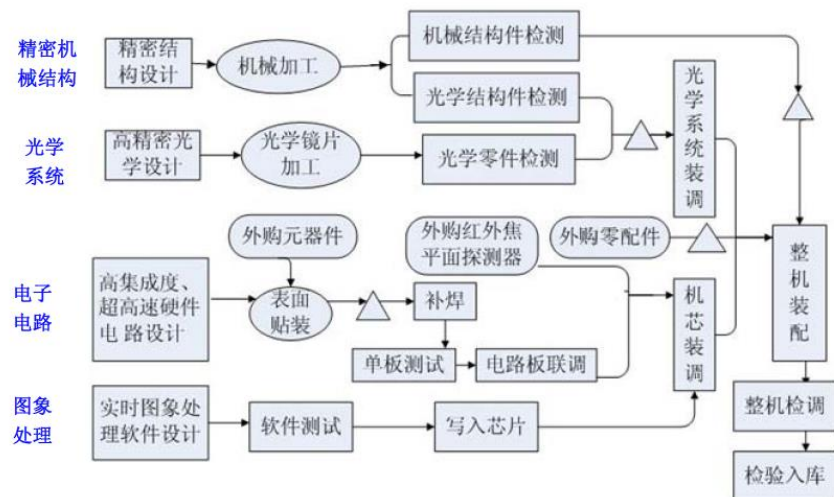
红外热像仪组成部件及技术包括红外光学系统、红外焦平面探测器、后续电路、图像处理软件。其中，红外焦平面探测器是红外热像仪的核心部件。红外探测器也是热像仪主要成本构成，在制冷热像仪中，探测器成本高达 70%，在非制冷热像仪中，探测器成本占据了 1/3-1/2 左右。可以说红外探测器的技术进步和成本降低，是红外热成像技术推向更广阔应用的核心因素。

表 2：红外热像仪核心部件及功能

组成部分	功能及技术
红外光学系统	将目标的红外辐射积聚到红外探测器上，并以光谱和空间滤波方式抑制背景干扰。涉及的技术包括红外光学镜片设计、光路设计、光机结构设计以及红外光学系统装调技术等。
红外焦平面探测器	感知目标温度分布，将红外辐射转换为电信号。
后续电路	接受探测器输出的电信号，并同图像处理软件一起将其转换为视频信号输出到显示屏
图像处理软件	图像处理软件可实现的功能包括非均匀性校正、坏点替代和自动调光、图像增强、测温、伪彩色代码、红外测温实时分析、图像压缩及编码处理等

资料来源：高德红外招股说明书，信达证券研发中心

图 11：红外热像仪生产工艺流程



图例说明：□为自主实现工序，○为外协加工环节，◻为外购环节，△为质量检验环节

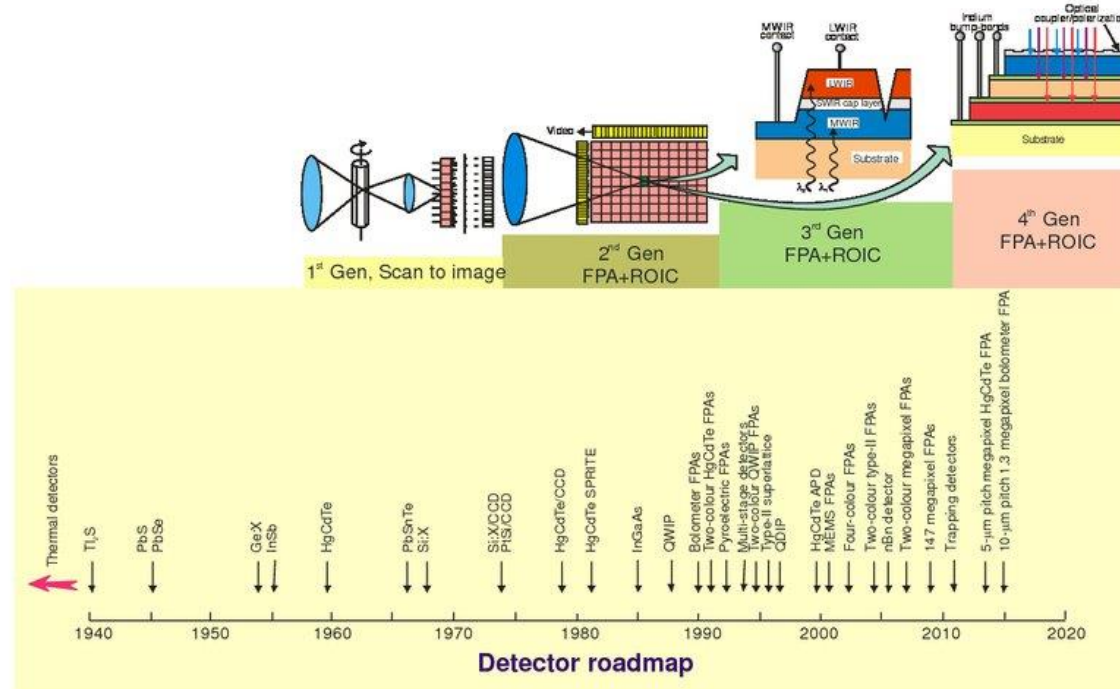
资料来源：高德红外招股说明书，信达证券研发中心

红外成像系统核心：红外探测器

红外探测器是红外系统的核心。它是利用红外辐射与物质相互作用所呈现出来的物理效应探测红外辐射的传感器，多数情况下是利用这种相互作用所呈现出来的电学效应。红外探测器是红外技术发展最活跃的领域，红外技术的发展水平，通常是以红外探测器的发展水平为主要标志。

在过去几十年中，大量新型材料、器件不断出现，红外探测器完成了从第一代的单元、多元光导器件向第二代红外焦平面器件的跨越，目前正向以大规模、高分辨力、多波段、高集成、轻型化和低成本为特征的第三代焦平面技术方向发展。目前应用中，分立型器件已经基本被焦平面阵列所取代。

图 12：红外探测器技术发展路线图



资料来源:《Next decade in infrared detectors》, 信达证券研发中心

根据探测机理不同, 红外探测器可分为光子红外探测器和热敏红外探测器; 根据工作温度和制冷需求, 分为制冷型和非制冷型红外探测器; 根据响应波长, 可分为近红外、中红外、远红外和极远红外探测器。非制冷型探测器目前主要是非晶硅和氧化钒探测器, 制冷型探测器主要包括碲镉汞三元化合物、量子阱红外光探测器、II类超晶格等。以上的分类都是根据具体需求和应用, 强调了探测器某一方面的特性。在实际中, 一种探测器往往兼具上述的几个特征。例如, 微测辐射热计 (Microbolometer) 红外探测器, 可以同时归类为非制冷型探测器、长波探测器、焦平面阵列探测器和热探测器。评价红外探测器的主要性能参数包括像元尺寸、面阵规模、噪声等效温差 (NETD)、功耗、响应率、响应时间、尺寸、盲元率等。

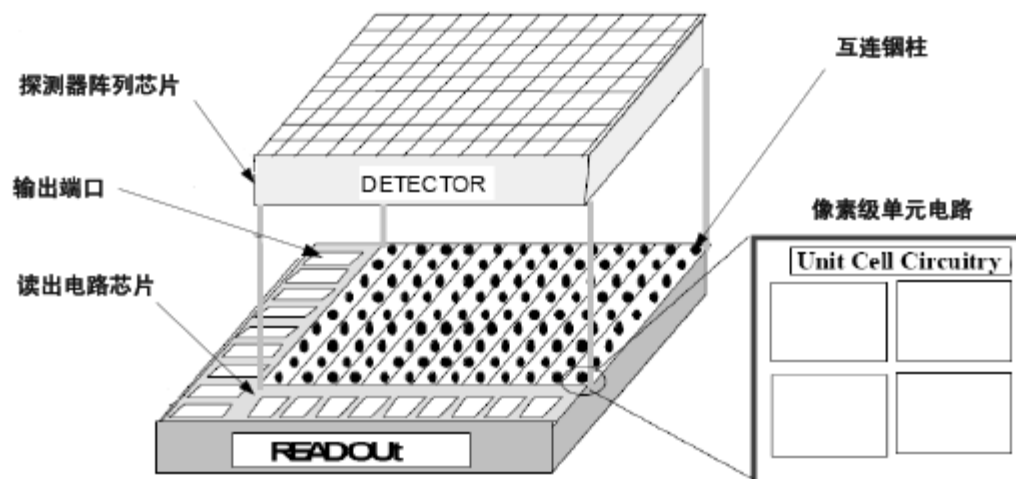
表 3: 红外探测器分类情况

	类型	典型敏感材料	优缺点
制冷探测器	光导型 (光敏电阻)	$HgCdTe$, PbS , $PbSe$	灵敏度高、响应速度快, 具有较高响应频率, 探测距离较远, 能够分辨更细微的温度差别, 一般需在低温下工作, 探测波段较窄,
	光伏型	$HgCdTe$, $InSb$, $PbSnTe$	
	光发射-肖特基势垒探测器	$PtSi/Si$, $IrSi/Si$	

非制冷探测器	量子阱探测器	GaAs/GaAlAs, GeSi/Si	主要应用于高端军事装备 响应时间较长、灵敏度较低、响应波段宽，体积小、质量轻、功耗小、成本低、启动快，可在室温下工作、使用简单
	热电堆/热电偶	Au/PolySi	
	热释电	BST 薄膜, 铁电 PZT	
	光机械	Au/SiNx 双金属片	
	微测辐射热计	氧化钒、非晶硅	

资料来源:《红外探测器领域初探》，信达证券研发中心

图 13: 红外焦平面探测器芯片组结构

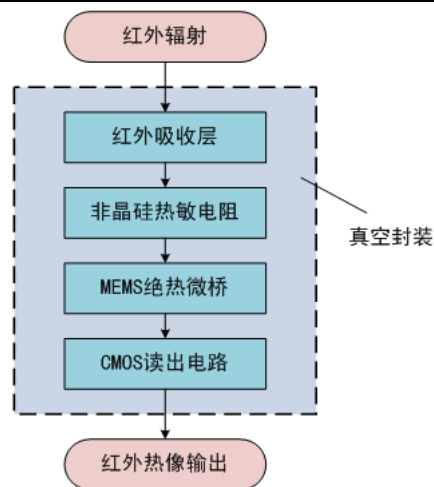


资料来源:《第三代焦平面探测器读出电路》，信达证券研发中心

非制冷红外焦平面探测器是需要重点关注的方向。制冷探测器由于性能参数、使用条件和成本都较高，一般用在军事领域。因此在消费、工业领域红外技术的推广渗透，主要依靠非制冷探测器。非制冷红外焦平面探测器性能已可满足部分军事装备及绝大多数民用领域技术需要，随着非制冷红外焦平面探测器技术不断进步和制造成本下降，其性价比快速提升，为推动非制冷焦平面探测器的大规模市场应用创造了良好条件。非制冷红外焦平面探测器主要是以微机电技术（MEMS）制备的热传感器为基础，其中微测辐射热计的技术发展非常迅速，是目前主流的技术方向，并几乎占据了该领域的全部市场份额。

非制冷红外焦平面探测器从技术上可分为微测辐射热计、读出电路、真空封装等三大模块，其技术和产品趋势主要是围绕这三大模块，提高非制冷红外焦平面探测器的技术性能、降低成本。

图 14: 红外焦平面探测器芯片组结构



资料来源：《第三代焦平面探测器读出电路》，信达证券研发中心

采用氧化钒热敏薄膜技术体制的非制冷红外焦平面探测器在技术和成本上具有优势。热敏薄膜材料选择上存在两条技术路线，这是由于美国和法国技术路线不同造成的，霍尼韦尔在军方资助下在 20 世纪 80 年代末率先研制出非制冷氧化钒微测辐射热计，后授权数家公司生产；而法国在 20 世纪 90 年代末期才推出采用非晶硅的微测辐射热计。由于美国应用较早且基于其国内外庞大的需求，目前美国研制的氧化钒材料路线仍然占 80% 左右的市场份额。从以目前技术发展水平看，采用氧化钒热敏薄膜材料的探测器在性能和成本上较非晶硅有一定优势：

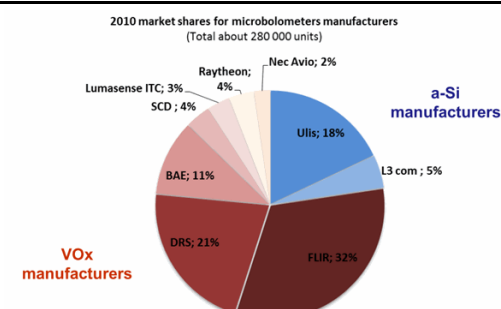
- 1) 氧化钒像元间距最小可达 $10\mu\text{m}$ ，非晶硅只有 $12\mu\text{m}$ 。氧化钒探测器芯片尺寸更小，单晶圆的出芯率更高。基于小像元探测器的封装及光学系统尺寸都可以更小。随着像元尺寸的进一步缩小，基于氧化钒技术的芯片成本、探测器成本、成像机芯及整机系统成本更有优势。
- 2) 氧化钒探测器的灵敏度可以达到 $20\sim 30\text{mK}$ ，非晶硅探测器的灵敏度通常在 50mK 左右。氧化钒探测器的 NETD 显著优于非晶硅探测器。基于氧化钒探测器的成像系统可以采用更高 F 数的镜头，减少光学系统尺寸，可进一步降低成像系统成本。
- 3) 非晶硅的残余固定图形噪声大，比氧化钒的大一个数量级以上，具体表现为图像有蒙纱感，红外图像感观不够锐利通透。

在未来一段时间内，氧化钒与非晶硅探测器两种技术体制仍将同时存在，并有各自市场空间。氧化钒探测器更适合对灵敏度和图像质量要求较高的军事民用领域，而非晶硅在对技术要求较低的民用领域将占有一席之地。

图 15: 国内外非制冷红外焦平面探测器对比

研制单位	技术体制	像元尺寸	阵列规模	NETD	报道时间	项目状态
DRS	氧化钒	10 μm	1280 $\times$ 1024	$< 50 \text{ mK}$	2015 年	成熟产品
Raytheon	氧化钒	12 μm	1920 $\times$ 1200	$\leq 35 \text{ mK}$	2015 年	产品在研
BAE	氧化钒	12 μm	640 $\times$ 480	$\leq 35 \text{ mK}$	2015 年	成熟产品
FLIR	氧化钒	12 μm	640 $\times$ 480	$\leq 35 \text{ mK}$	2015 年	成熟产品
DRS	氧化钒	17 μm	1024 $\times$ 768	$\leq 35 \text{ mK}$	2011 年	成熟产品
BAE	氧化钒	17 μm	1024 $\times$ 768	$\leq 35 \text{ mK}$	2010 年	成熟产品
SCD	氧化钒	17 μm	1024 $\times$ 768	$\leq 35 \text{ mK}$	2013 年	成熟产品
烟台艾普	氧化钒	14 μm	1024 $\times$ 768	$< 35 \text{ mK}$	2015 年	成熟产品
北方广微	氧化钒	17 μm	640 $\times$ 480	$\leq 50 \text{ mK}$	2016 年	成熟产品
ULIS	非晶硅	17 μm	1024 $\times$ 768	$\leq 50 \text{ mK}$	2010 年	成熟产品
浙江大立	非晶硅	17 μm	640 $\times$ 480	$\leq 60 \text{ mK}$	2015 年	成熟产品

资料来源:《非制冷红外焦平面探测器热敏薄膜技术研究进展》, 信达证券研发中心

图 16: 各探测器生产商技术体制及市场份额


资料来源:《深度解析红外探测器》, 信达证券研发中心

非制冷红外焦平面探测器的读出电路近年向无 TEC 方向发展。读出电路功能是将每个微测辐射热计的微小电阻变化以电信号的方式输出。由于微测辐射热计对于其衬底温度的变化非常敏感, 所以一开始必须使用热电温控器 (TEC) 来保持非制冷探测器的焦平面温度稳定。近年随着读出电路设计水平的提高, 一些抑制像元输出信号随温度漂移的补偿电路也逐渐加入读出电路设计中, 从而可以实现无 TEC 应用, 使得非制冷红外焦平面探测器在功耗、体积、成本等方面更具备优势。

封装技术是决定探测器性能和成本的关键技术之一。封装技术差异会带来能耗、启动周期、体积、成本方面的差距, 是决定探测器成本和可靠性的主要因素之一, **一般来说封装成本占到探测器成本构成 30%~50% 甚至更高。**微测辐射热计接收目标红外辐射后的温度变化很微弱, 为了使其上面的热量能够维持住, 避免与空气分子进行热交换, 需要将其置于真空环境下工作, 因此需要真空封装。对非制冷红外焦平面探测器真空封装的要求是: 优异且可靠的密闭性、具有高透过率的红外窗口、高成品率、低成本。目前的封装技术可分为金属管壳、陶瓷管壳、晶圆级、像元级等。

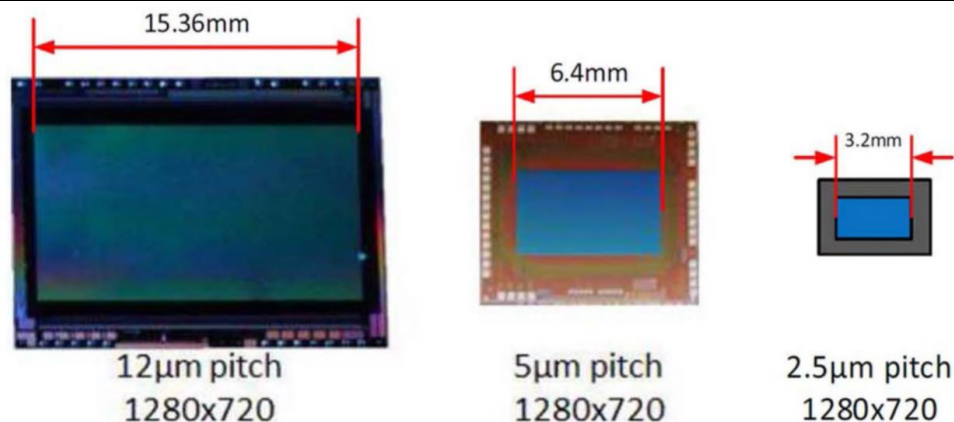
表 4: 不同封装技术及技术优缺点

封装技术	特点
金属封装	优点: 技术成熟, 可应用在极端环境 缺点: 成本高, 高能耗, 启动时间长, 生产周期长, 不适于规模生产 优点: 无 TEC, 较金属封装可有效减少体积小、低功耗、重量轻, 封装成本较金属封装降低。
陶瓷封装	缺点: 尺寸仍过大, 成本仍然较高
晶圆级封装	优点: 无 TEC, 尺寸小, 质量轻, 成本很低, 适合大规模生产 缺点: 过程复杂, 技术难度较高
像元级封装	优点: 完全与硅工艺匹配, 极低的封装成本 缺点: 仍在研发中

资料来源:《非制冷红外焦平面探测器封装技术研究进展》, 信达证券研发中心

总的来说，红外热成像技术关键在红外探测器，其占到红外成像仪成本构成比例达 70% 以上。近年来红外探测器发展重点是焦平面红外探测器，制冷型焦平面红外探测器性能更高，对使用环境要求也较高，相对成本也高，主要应用在军事武器领域。非制冷型探测器随着技术发展，技术性能提高明显、性价比显著提高，因此在对精度要求相对较低的军事领域、民用的消费领域、警务安防领域、工业领域应用也更为广泛，并且未来随着其性能提高、成本降低，仍然有较大发展潜力。非制冷型探测器热敏薄膜材料技术体制在一段时间内仍将是氧化钒与非晶硅共同发展，长期看氧化钒在精度、成本上更有潜力。在技术体制相当前提下，非制冷探测器成本降低途径主要在于封装技术的突破以及芯片成品率提高。预计未来几年非制冷红外焦平面探测器像元尺寸将会继续减小、金属封装探测器因较高封装成本会逐渐退出市场、陶瓷封装进入全面推广时期，晶圆级封装探测器以其更低的成本在民用市场开始快速增长，像元级封装探测器封装技术将逐渐达到规模应用阶段。

图 17：红外探测器像元尺寸及间距减小，探测器尺寸明显减小



资料来源：《碲镉汞红外焦平面探测器技术的最新进展》，信达证券研发中心

红外成像仪应用及市场规模

红外成像仪在军民领域应用

红外热像仪可以全天候使用，不受天气条件限制，并且以被动方式探测红外辐射隐蔽性强，因此在军用领域有广泛应用。在军用领域应用主要有以下几方面：可以用作夜视装备，例如机载前视红外吊舱、单兵夜视眼镜、驾驶员夜间驾驶仪，显著提高在战场烟幕和夜间环境下的识别能力；可以用作武器瞄具，例如如枪瞄、导弹发射瞄准镜；可以用作红外制导，具有抗干扰性强、设备简单、重量轻、成本低、隐蔽性强等优点；可以用于侦察与监视，例如火控系统、舰载红外搜索与跟踪系统等。

红外热成像技术的不断发展，使“夜战”成为现代战争的主要方式，最近发生的阿富汗战争、科索沃战争、伊拉克战争无不以夜战方式进行。握有战争主动权的美国，有着世界最先进的红外热成像技术。美军在伊拉克战争中平均每个士兵拥有 1.7

具红外热像仪产品。正是由于这一独特的用途，美国目前绝对禁止出口这一技术，即便是民用领域也按最终用户许可制度严格执行。

表 5：红外热像仪在军事领域应用

地面武器	应用	坦克、装甲车等军用车辆的夜视。
	功能特点	可同时将红外识别图像、激光测距、十字瞄准线和弹道计算机计算数据等显示在观察屏幕，提高战场烟幕和夜间环境下的识别能力。
	实例	海湾战争躲过不对均配有各类热像仪，仅美军第 7 团在地面战斗中使用的坦克中，大部分配有热像仪作为夜视器材。
个人携带式武器	应用	枪支、轻型反坦克武器系统，夜视头盔。
	功能特点	兼具夜视、自主选择目标、多目标选择、标准点选择等多种功能。
	实例	美军在伊拉克战争中平均每个士兵拥有 1.7 具红外热像仪产品。
飞行武器	应用	飞机和导弹武器。
	功能特点	用于侦察、监视、导航，兼具昼夜作战能力和选择目标后的自动跟踪功能。
	实例	伊拉克战争中，美军的 20 多种固定翼飞机和直升机均装备了先进前视红外目标导引（ATLIFR）。
海军舰艇	应用	夜间识别和射击指挥（雷达、激光、红外复合）两大系统。
	功能特点	可以自动搜索、捕获和跟踪目标，并向控制中心计算机提供目标方位和俯仰数据，从海面、岛屿和水平背景中将导弹识别出来。
	实例	发过 SMS 搜索光电桅杆、美国的 TISS 热成像传感系统、以色列 MSIS 多传感器稳定组合系统、德国 MSP 系统等舰载观测系统均配有先进的舰载红外热成像产品。

资料来源：高德红外招股说明书，信达证券研发中心

在自然界中，所有高于绝对零度（-273℃）的物质都不断地辐射着红外线，不同物体辐射出的红外线能量，直接和物体表面的温度有关，而红外热像仪可以将不同物体辐射出的红外线清楚地用视频图像显示出来，因此，红外热像仪可以广泛用于预防检测（主要应用于电力、石化、建筑、煤炭、食品、医疗等领域）、消防（主要应用于火灾监控、消防救援等领域）、制程控制（主要应用于冶金、交通、电子、食品、机械等几乎所有工业生产领域）、安防（主要应用于海防边防、公安监视、巡逻跟踪、搜寻逃犯等领域）；车船夜视；环境监测等诸多方面。

表 6：红外热像仪在军事领域应用

预防维护	用于观测机械及电气设备运作状态，将设备故障以温度图像形式表现出来，根据测得的温度与历史或标准数据比对，可在设备高温损毁前找到危险源，提前进行检查，从而提高设备生产能力、降低维修成本、缩短停工检修时间。
制程控制	在生产前期环节检测出生产的产品是否合格以有效保证质量和控制成本，可用于几乎所有工业制造过程控制，尤其是烟雾环境下生产过程的监控、温度分布、温度均衡性测量。
建筑检测	用于检测节能、不良绝缘、电气故障、渗水、管道输送、虫蚀、霉菌等。
研发	通过观测热分布状况图像处理产品自热问题，已在为电子产品、手机、笔记本电脑、电信设备、家用电器、汽车零件、

	飞机引擎等研发过程中应用。
医疗检疫	通过观测受病体或病变组织的热分布及温度差异情况,在群体中区分病体或对病变组织进行检查。医用热像技术从 1957 年探测乳腺癌发展到目前用于几十种疾病的诊断,已成为浅表肿瘤、血管疾病、皮肤病等方面比较有效的检查工具。在 2003 年 SARS 疫情及之后的禽流感、甲型 H1N1 流感疫情防治中,红外热像仪的应用对及时发现病体、避免疫情蔓延起到了至关重要的作用。
视频监控	广泛应用于商场、银行、工厂及大型公共场所的安全防范,尤其是夜间防范。2008 年汶川大地震中,红外热像仪被应用于唐家山堰塞湖的 24 小时视频安全监控。
警用执法	通过机载、手持等红外热像仪。警务等执法人员可以在夜间或隐蔽的条件下成功实施搜索、观察、追踪、定位以及提供及时情境。
搜索救援	在地震、火灾、交通事故、飞机事故、海滩等各种事故用于消防等救援部门对现场遇险及遇难人员的搜索救援。
边防和海防巡护	在边防、海防巡护中用于遏制走私、偷渡活动。
交通夜视及导航	在夜间或雨雾天气帮助识别性人,动物或者其他潜在的障碍物,对各类车辆驾驶人员视觉增强有明显作用,也可以为游轮和商船等海洋船运导航提前发现冰山、暗礁等隐蔽危险。
新市场	食品配送,兽医,汽车保养,飞机检测,船舶检测等。

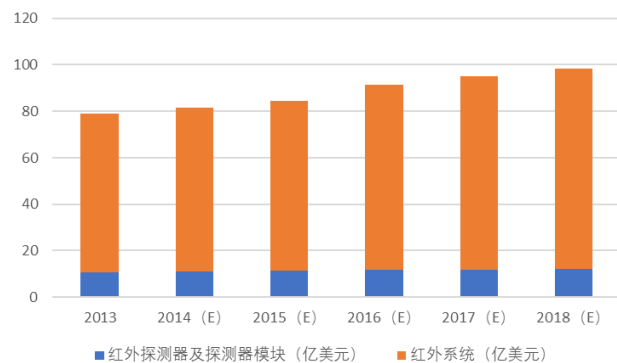
资料来源:高德红外招股说明书,信达证券研发中心

全球红外市场规模

根据权威机构 MaxtechInternational 的 2018 年市场报告显示,2018 年全球军用红外市场规模增长率达到 9%,主要受到美国军费预算增长、红外系统更新换代的影响。随着红外技术的发展,预计 2023 年市场规模将达到 140 亿美元。从全球红外市场规模来看,军用红外市场保持稳定增长。

美国仍然是全球军用红外最大市场。美国开始研究红外技术时间较早,技术优势显著,军用红外企业市占率也位居前列,根据 MaxtechInternational 的调研报告,2014 年占据全球军用红外热像仪市场前十的公司全部来自美国、法国、英国和以色列。其中美国占据 6 席,分别是 LockheedMartin 公司、Raytheon 公司、L-3 公司、FLIRSystems 公司、NorthropGrumman 公司、UTCAerospace 公司。LockheedMartin 公司、Raytheon 公司、L-3 公司合计占到全球军用红外热像仪市场份额 45%以上。其余 4 席中,法国占据两席、英国和以色列各占一席。

图 18: 军用红外市场稳定增长

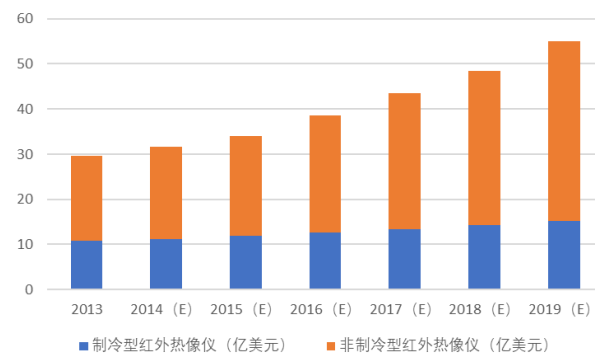


资料来源：久之洋招股说明书，信达证券研发中心

据 MaxtechInternational 发布的 2018 年市场报告，2017 年世界民用及军民两用红外成像市场连续第四年创出货量记录。非制冷探测器出货量增加 30% 以上，达到近 130 万个。但由于竞争激烈引起价格下降，导致收入增长仅为 11%，总收入为 38 亿美元。全球民用红外市场表现与早年预测基本一致，MaxtechInternational 报告在 2013 年曾预测，预计 2019 年全球市场规模可达 55.07 亿美元，复合年增长率达到 11%，其中制冷型红外热像仪占据 15.12 亿美元，非制冷型红外热像仪占据 39.95 亿美元。非制冷型红外热像仪凭借高性价比在民用红外市场发展迅速，逐渐占据主导地位。

美国占据全球民用红外市场的主导地位，中国公司珐特红外、高德红外和大立科技也已跻身全球民用红外市场份额前十。预计未来五年，更多厂商将与半导体晶圆厂建立合作伙伴关系，采用晶圆级封装（WLP）的非制冷焦平面探测器的供应商将受益于成本的降低。

图 19：全球民用红外市场发展迅速



资料来源：久之洋招股说明书，信达证券研发中心

国内红外成像市场规模

红外技术在我国军事领域也有广阔市场前景，我国军队人数 230 万人左右，按照 10%装备率，平均单价 10 万元计，预计潜在市场可以达到 230 亿元。国内民用红外热像仪刚刚兴起不久，还处于发展初期，随着红外技术的成熟，未来发展潜力巨大，预计有高达 184 亿元的潜在市场。红外热像仪可以应用于大量领域，可以将这些领域分为消防、电力、工程建设、制程控制四个部分。在消防领域，红外热像仪可以帮助发现火源的位置及时发现被困人员，我国还在应用初期，随着红外热像仪的普及，如果全国 3 万辆消防车都可以配备红外热像仪的，这一市场将达到 12 亿元。在电力领域，红外热像仪在电力巡检中能够及时发现电路故障，这一检测手段已经广泛使用。如果电力行业需要 2.5 万台红外热像仪，这一市场规模为 20 亿元。在工程建设领域，红外技术可以及时发现建筑存在的问题，如果 10 万家建筑企业都进行采购，市场规模可达 20 亿元。在制程控制领域，红外热像仪可以及时检测出产品存在的问题，在制造业企业普遍适用。如果 132 万家制造业企业中有 10%的大企业选择配备，市场规模为 132 亿元。

表 7：国内红外潜在市场

应用领域	潜在规模	平均单价（万元/套）	合计（亿元）
军用	230 万军队，10%装备率	10	230
消防	3 万台消防车	4	12
电力	电力需求 2.5 万台	8	20
工程建设	建筑企业 10 万家	2	20
制程控制	冶金、电子、食品等制造业 132 万家，10%大企业，每家 1 台	10	132

资料来源：久之洋招股说明书，信达证券研发中心

国内红外成像领域技术进展及趋势

非制冷焦平面探测器技术进展

目前世界上只有美国、法国、日本、以色列和中国五国拥有成熟的非制冷焦平面探测器产业生产能力。在很长一段时间内核心技术仅有美国和法国掌握，以色列技术来自于美国授权。红外焦平面探测器尚未国产化时，我国焦平面探测器基本来自于法国，其高端产品对我国禁售，允许销售的中低端产品不仅定价高昂，还实行最终用户许可制度。但随着国内厂商突破焦平面探测器核心技术，我国红外成像产品国产化程度不断提高，技术水平也逐步向世界水平靠拢。

非制冷红外热像仪相较于制冷型红外热像仪，具有低成本、低功耗、小型化、易使用、易维护等优点，迅速进入军、民用领域。至今，非制冷焦平面产品已发展到中、大规模 640×512 、 1024×768 阵列，像素尺寸缩小到 $17 \mu m$ 甚至到 $12 \mu m$ (BAE 的 TWV640)，噪声等效温差 (NETD) 降低到 $30mK@F/1$ 以下，帧频提高到 60Hz (640×512 规格)，以及宽波段（中波和

长波)，120Hz 高帧频的非制冷探测器也逐渐形成产品。

随着非制冷探测器的应用领域不断延伸，各大厂商各种规格非制冷探测器出货量猛增，尤其 640×512（480）规格、17μm 中心距这款探测器，更是独占鳌头。厂商的工艺稳定、成熟，给用户在性能、数量、价格等方面提供了保证，这种规格的产品成为非制冷红外焦平面探测器的典型产品。国内外几乎所有非制冷探测器厂家，均推出了此款产品。

非制冷焦平面探测器已经发展到 1280×1024 阵列，像素尺寸可以缩小到 12μm，热灵敏度 NETD 降低到 20mK 以下。国外研制进度领先于国内。国外知名公司主要产品如下：FLIR 公司的 Tau2640 款红外热像仪机芯分辨率是 640×512，像素尺寸达到 17μm，工业级机芯热灵敏度可以小于 30mK，采用晶圆级封装；L-3 公司的 17-640 款红外探测器，采用非晶硅作为热敏材料，分辨率是 640×480，热灵敏度是 50mK，也采用了晶圆级封装；RVS 公司的 SBRC-400 款产品采用氧化钒作为热敏材料，分辨率是 640×480，热灵敏度小于 25mK，采用金属封装。

表 8：国外典型厂家非制冷焦平面探测器性能

厂家	探测器（机芯） 型号	面阵规格	帧频 /Hz	输出方式	NETD/mK@f/1.0	响应时间 /ms	响应光谱/μ m	热敏材料	封装形式
FLIR	Quark640	640X512	30	数字 14bit	< 50	≤ 12 (Muon)	7.5~13.5	VOx	WLP
	Tau2640	640X512	60		< 50/30				
DRS	U6160	640X480	30	模拟 1 路 1.2~3.2	< 40	≤ 14	8~14	VOx	Ceramic/Met (13g)
			30/60	模拟 1 或 21.2~3.2	< 50				Ceramic/LCC (6g)
L-3	17-640	640X480	30	-	50	-	7.5~13.5	-Si	WLP
BAE	MIR640	640X480	60	-	50	-	7.5~13.5	VOx	金属
RVS	SBRC-400	640X480	60	-	< 25	≤ 10	8~14	VOx	金属
SCD	Bird640	640X480	60	模拟 1 路 0.5~2.5	< 50	≤ 10	8~14	VOx	金属 (TEC-less)
ULIS	Pico640ET M	640X480	60	数字 14bit 模拟 1.4~4.4	55	< 10	8~14	-Si	陶瓷 (6.5g)

资料来源：《高性能 17 微米非制冷氧化钒红外焦平面探测器的研制》，信达证券研发中心

国内公司也在积极开展非制冷型红外探测器的研制生产。目前大立科技研制的非制冷红外探测器分辨率已经可以达到 1280×1024，达到国际领先水平。烟台艾睿研制的非制冷红外探测器像素间距仅为 14μm，与国外公司处于同一水平。国内公司生产非制冷红外探测器热灵敏度普遍处于 50mK 左右，与国外公司有一定差距。在封装上，国内公司普遍采用金属封装，而国外已经开始采用性能更好的晶圆级封装方式。

表 9：国内典型厂家非制冷焦平面探测器性能

厂家	探测器（机芯）型号	面阵规格	像素间距	帧频 /Hz	输出方式	NETD/mK@f/1.0	响应时间 /ms	响应光谱/ μ m	热敏材料	封装形式
烟台艾睿	RTD611	640X512	17	50/60	模拟 1.0~3.4	40	10	8~14	VOx	金属真空 TEC（25g）
	RTD711	1024X768	14	30	1.0~4.6	≤ 40	8	8~14	VOx	金属真空 TEC
大立科技	DLD640	640X480	17	50	单端或双端	60	5	8~14	-Si	金属真空 TEC（20g）
	DLE1280-15 μ m	1280X1024	15	60		60		8~14	-Si	金属真空 TEC
高德红外	GST817MV	800X600	17	50	模拟 2V	50	10	8~14	VOx	金属真空 TEC（30g）
北方广微	GWIR0304	640X512	17	50/100	模拟 0.5~4.5	50	10	8~14	VOx	金属真空 TEC（25g）

资料来源：《高性能 17 微米非制冷氧化钒红外焦平面探测器的研制》，各公司官网，信达证券研发中心

此外，近年来国内外非制冷红外探测器像元间距开始向 12 微米迈进，据不完全统计，在国际领域 12 微米的红外热成像技术发展如下：

2016 年，美国的 DRS 公司研发出了 1920×120010 微米的非制冷红外探测器。

2017 年，Raytheon 公司研发出了可以商业用的 1920×120010 微米的非制冷红外探测器。

2017 年底，中国厂商艾睿光电研发出了国内首创的 12 微米 640 面阵的非制冷红外探测器。

2018 年 5 月，在北京的光电展上，艾睿光电首次发布了最新的 1280×1024 百万像素 12 微米超小像元间距非制冷红外探测器，再度聚焦了世界的目光。

制冷型红外热像仪国内外技术进展

制冷型红外热像仪主要应用于军事领域，在武器装备中应用广泛。目前国外比较知名的制冷型红外热像仪生产厂家主要有 LockheedMartin 公司、Raytheon 公司、L-3 公司、FLIRSystems 公司。FLIRSystems 公司官网上披露的信息可以在一定程度上代表国外的研究进展。FLIR 在官网披露了两款高性能制冷型红外热像仪：一款是 FLIRA8200sc 制冷型红外热像仪分辨率为 1024×1024，像素间距 18 μ m，热敏感度小于 20mK；一款是 FLIRA8300sc，分辨率为 1280×720，像素间距是 14 μ m，热敏感度小于 20mK。

图 20: FLIRA8200sc



图 21: FLIRA8300sc



资料来源: FLIR 公司官网, 信达证券研发中心

资料来源: FLIR 公司官网, 信达证券研发中心

国内公司在制冷型红外热像仪的研究上与国外公司差距较大。北方广微和烟台艾睿主要专注于非制冷红外热像仪的研究。高德红外和久之洋展示出了相关产品。高德红外 SmartCore615 型制冷红外机芯采用碲镉汞作为热感材料, 分辨率为 640x512, 像素间距是 15 μ m, 热敏感度 $\leq$ 20mK。久之洋 JIR-2641 型制冷型红外热像仪分辨率是 640 $\times$ 512, 热敏感度 $\leq$ 30mK。

图 22: 高德红外 SmartCore615



图 23: 久之洋 JIR-2641



资料来源: 高德红外公司官网, 信达证券研发中心

资料来源: 久之洋公司官网, 信达证券研发中心

高德红外在国内红外成像领域技术深度与广度处于领先地位

公司经过多年研发投入, 目前拥有完全自主知识产权的红外探测器全套研制批产技术, 拥有完整且领先的红外技术体制, 是国内红外成像领域技术深度与广度最为领先的公司。在非制冷红外探测器方面, 公司应用的氧化钒技术体制在成本及技术上

有明显优势，搭建了国内第一条也是目前唯一一条非制冷晶圆级封装生产线，晶圆级封装探测器体积小，重量轻，易于批产，且性价比极高，是未来非制冷红外在智能化及消费级应用方面普及的必由之路，未来也将带动非制冷红外民用的低成本、小型化的市场普及。目前公司晶圆级封装生产线已经实现批量生产，核心器件成本将下降，对整个红外产业的发展将带来推进作用。

在制冷型红外探测器方面，公司成功研制了国际一流的 8 英寸 0.5um 碲镉汞制冷型红外焦平面探测器研发生产线、中波及长波“II 类超晶格”制冷型红外探测器研发生产线，均实现了百分百国产化，其中中波及长波“II 类超晶格”制冷型红外探测器在国内首次实现同时输出的中长波双色红外焦平面探测器，填补了国内该领域空白，对满足我国军事工业在先进红外探测器方面的需求有及其重要作用。

完整的技术体制、领先的研发生产能力、平台化的发展思路，使得高德红外在红外成像领域具备了足够深的技术护城河，未来随着晶圆级封装的量产，封装效率将会大幅提高、器件成本将有效降低，对整个红外产业发展有着推动作用，民品市场或将随着成本降低而实现应用场景的大规模拓展。

十年磨一剑，民营武器总体军工集团初见规模

公司上市初就提出要坚定的构建不可替代的核心竞争力，经过多年的研发投入，公司已构建起一条从上游红外核心器件到最终完整的导弹武器系统总体的全产业链。从 2014 年至今，公司积极向军工产业链下游布局，大力发展武器装备完整系统，从获得资质到研发、建立生产线，最终实现了某型武器系统总体批产，目前公司已正式中标军方项目，民营武器总体军工集团初见规模。

我国首家具备武器总体资质的民营企业，具备研发至批产全周期能力

在武器装备完整系统研制资质上，2014 年公司抓住军民融合深度发展的契机，收到中国人民解放军总装备部核发的、许可增项后的《武器装备承制单位注册证书》，成为中国第一家获得完整武器系统整体研制资质的民营企业。由此打破了民营企业只进行军工产品零部件生产的历史。

在武器系统研制上，2016 年公司获得陆军装备部下达的某武器系统总体研制任务，正式承担国家该完整武器系统总体研制任务，2017 年成立了高德导弹研究院。2016 年正式中标后，公司加快了研制的步伐，成立导弹研究院。研究所有八个管理机构 and 八个科研设计单位，构成了导弹研制的完整体系。研究院的成立加快了公司研制的进度，意味着公司向实现批产武器整体系统更近了一步。

在武器系统生产上，公司已经可以批产反坦克导弹，完成了从研制到生产的跨越。2015 年公司收购汉丹机电 100% 股权，开始关注如何实现导弹系统的生产。汉丹机电是一家军工企业，主要业务是研制及生产传统弹药和信息化弹药。通过收购，公

司可以借助汉丹机电在火工领域已有的经验、人才、资质和生产线促进导弹系统尽快批产。在汉阳机电已有火工生产线的基础上，2017 年高德红外又在湖北襄阳新建了火工厂，助力公司完成武器系统的生产，建成后会成为国内最大的非致命性弹药及信息化弹药批量生产基地。2018 年公司正式承担反坦克导弹的批产任务，正在紧急的生产过程中。公司并购汉阳机电后，在短短三年之内借助汉阳机电已有的生产线，完成了导弹生产从零到批产的跨越。

“第四代”单兵反坦克导弹对标美国“标枪”反坦克导弹

公司在 2015 年年报中公告取得了反坦克导弹完整武器系统总体研制资质，并收购汉丹机电拓展火工品业务领域，以尽早实现“第四代”便携红外“自寻的”反坦克导弹武器系统批量生产。

我国“第四代”反坦克导弹为红箭-12 反坦克导弹是一种由单兵携带发射的武器，完整的红箭-12 系统全重 22 千克，其中发射筒和导弹总计 17 千克。发射管长 1.25 米。这种导弹的长度约 980 毫米，直径 135 毫米，发射筒直径则约为 170 毫米。导弹使用非制冷式红外焦平面成像引导头，这可以为它提供全天候和夜间作战能力，昼间型导弹的射程可达 4000 米。使用红外成像引导头版本射程为 2000 米以上。红箭-12 反坦克导弹系统最重要的创新技术是新型导引头，导引头采用了非制冷红外焦平面热成像仪、以及白光 CCD 摄像机，具备昼夜作战能力。白天光线良好的情况下，导弹的最大射程达到 4 公里，夜间受热成像仪的作用距离影响，最大射程下降至 2 公里。

图 24: 红箭 12 反坦克导弹发射系统



资料来源：《应用于红外成像导引头的非制冷焦平面探测器》，信达证券研发中心

图 25: 红箭 12 反坦克导弹



资料来源：《应用于红外成像导引头的非制冷焦平面探测器》，信达证券研发中心

我国“第四代”单兵反坦克导弹性能可对标美国“标枪”反坦克导弹及以色列“长钉”反坦克导弹。“标枪”反坦克导弹率先使用焦平面阵列技术，成为反坦克导弹的发展方向。红外传感器能在烟雾和黑暗背景中识别目标，提供给射手清晰的图像进而瞄准目标；多模跟踪器使有微处理器，自动捕捉目标、跟踪目标直至命中目标。“标枪”具有两级串联式的战斗部，因此

可以选择的攻击模式包括对目标顶部实施攻击和对目标正面实施攻击。“标枪”反坦克导弹使用隐蔽式的“软发射”方式，即导弹从发射器中弹出后，会在飞行距操作人员一段距离后再点燃火箭发动机，这使得发射导弹者难以被看见，且导弹能够从地下碉堡或者建筑物内发射。

以色列“长钉”反坦克导弹系统分为近程、中程、远程型，有效射程为 800~8000 米，最新的非视距版本射程可以达到 2.5 千米。“长钉”采用光纤制导，大量采用双模式控制系统，战斗部采用串联双战斗部方式，使之成为当今世界上穿甲威力最大的反坦克导弹之一。“长钉”导弹同样具有“发射后不管”以及“攻顶”的作战性能。

反坦克导弹潜在市场广阔

作为陆军单兵重要火力系统，反坦克导弹存在很大列装需求。洛克希德马丁公司在其官网披露，自 1996 年“标枪”系统交付以来至 2019 年 1 月底，雷神/洛克希德马丁标枪合资公司共生产交付“标枪”反坦克导弹达 45000 多枚，指挥发射装置（CLU）12000 多套，包括美军列装及军贸出口。以美国陆军装备采购需求为例，美国陆军 2018 年 2 月公布的 2019 年陆军采购计划显示，自“标枪”反坦克导弹装备陆军以来，美国陆军 1996 年至 2018 年共采购“标枪”反坦克导弹 30505 枚，平均每年采购数量约 1400 枚左右；且美军计划在 2019 年至 2023 年继续采购共 4443 枚“标枪”反坦克导弹。从美军采购计划可以看出，“标枪”单兵反坦克导弹列装后有稳定的长期列装需求。

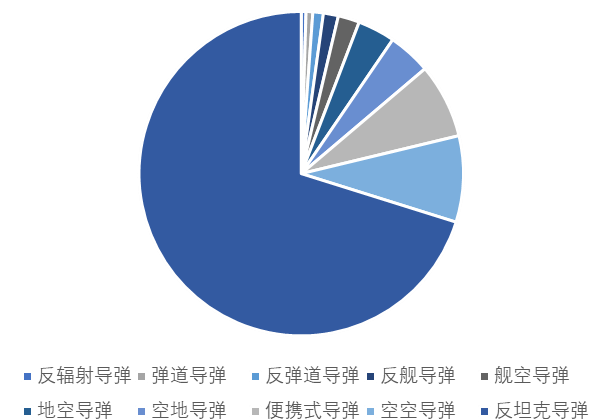
除国内列装需求外，反坦克导弹在国际军贸市场还有广阔空间。反坦克导弹是目前世界军贸市场占比最高的导弹类型。据斯德哥尔摩和平研究所统计，2007 年至 2016 年，全球军贸市场出口导弹数量共约 22 万枚，其中反坦克导弹数量达 15.2 万枚，占比高达 70.14%，是世界军贸市场交易最为活跃的导弹武器品种。我国在导弹武器出口市场份额中逐年提升，随着我国反坦克导弹在军贸市场中占比的逐步提升，未来可对标“标枪”反坦克导弹的红箭-12 出口型将凭借极高的性价比获得军贸市场的潜在订单。

图 26： 2007 至 2016 年全球军贸市场出口各类型导弹数量

图 27： 2007 至 2016 年全球军贸市场出口各类型导弹占比



资料来源: SIPRI DATABASES, 信达证券研发中心



资料来源: SIPRI DATABASES, 信达证券研发中心

表 10: 我国导弹武器出口数量占比逐步提升

排名	2007-2011 年			2012-2016 年		
	出口国	交易量/枚	占全球总交易量百分比	出口国	交易量/枚	占全球总交易量百分比
1	美国	39697	43.15%	俄罗斯	49461	39.32%
2	俄罗斯	19130	20.79%	美国	48696	38.71%
3	以色列	12563	13.66%	以色列	11918	9.47%
4	乌克兰	5684	6.18%	中国	3975	3.16%
5	法国	2761	3.00%	法国	3891	3.09%
6	德国	2565	2.79%	德国	2063	1.64%
7	瑞典	1955	2.13%	瑞典	1493	1.19%
8	中国	1954	2.12%	英国	1170	0.93%
9	南非	1950	2.13%	丹麦	884	0.70%
10	英国	1125	1.22%	乌克兰	767	0.61%

资料来源: SIPRI DATABASES, 信达证券研发中心

盈利预测、估值与投资评级

盈利预测及假设

我们对公司经营情况预测基于以下关键假设：

公司收入端的持续扩张。我们认为未来几年公司收入端扩张主要来自两方面：第一来自于红外焦平面探测器产线投产带来的红外产品业务收入的大幅增长，第二来自于单兵反坦克导弹列装带来的订单增长。

公司成本端的改善。成本端改善主要来自于以下几方面：第一，3条红外焦平面探测器产线量产后，核心元器件焦平面探测器可实现自我供应，摆脱器件进口的限制，由此带来原材料成本降低；第二，量产后规模效应带来成本降低；第三，晶圆级封装产线量产后带来探测器制造成本的有效降低。

公司产业链地位提升带来营运效率提高。我们认为随着公司从零部件供应商向总装企业发展，公司产业链地位将明显提升，公司订单回款周期将向总装企业靠拢，将会明显缩短，应收款项、预付款项、预收款项、库存等方面对资金占用将大幅降低，公司现金流情况将显著改善，资产周转率将显著提高。

我们预测公司红外热成像产品 2018 年-2020 年收入增速分别达 5.30%、50%、20%；传统弹药及信息化弹药业务收入增速分别为 10%、50%、40%。由此公司 2018 年-2020 年三年营收增速分别为 6.7%、47.3%、26.9%。

表 11：分业务营业收入预测（单位：亿元）

业务板块	2017 年	2018E	2019E	2020E
红外热成像仪	5.88	6.19	9.29	11.14
增速		5.30%	50.00%	20%
传统弹药及信息化弹药	3.69	4.06	6.09	8.52
增速		10%	50%	40%
其他业务	0.59	0.59	0.59	0.59
增速		0%	0%	0%
总收入	10.16	10.84	15.97	20.26
增速		6.7%	47.3%	26.9%

资料来源：万得，信达证券研发中心

表 12：分业务成本及毛利率预测（单位：亿元）

业务板块	2017 年	2018E	2019E	2020E
红外热成像仪	2.64	2.78	3.90	4.68
毛利率	55.12%	55.12%	58.00%	58.00%
传统弹药及信息化弹药	1.99	2.18	2.92	4.09
毛利率	46.17%	46.17%	52.00%	52.00%
其他业务	0.47	0.47	0.41	0.41
毛利率	20.72%	20.72%	30.00%	30.00%

总成本	5.10	5.43	7.24	9.19
毛利率	49.87%	49.90%	54.68%	54.66%

资料来源：万得，信达证券研发中心

综上，我们预测公司 2018-2020 年将实现营业收入 10.85 亿元、15.97 亿元、20.27 亿元，同比增长 6.7%、47.3%、26.9%；实现归母净利润 1.31 亿元、2.17 亿元、2.72 亿元，同比增长 124.62%、65.02%、25.46%；实现摊薄每股收益 0.21 元、0.35 元、0.44 元。

我们选取 8 家国内军工行业可比公司进行对比，8 家公司从业务范围方面都与高德红外具有可比性。高德红外市盈率略高于行业平均水平。基于高德红外在红外成像领域产品技术的领先性、以及公司作为民营军工总装企业市场地位的稀缺性，以及对公司未来经营情况所做出的预测，首次覆盖给予“增持”评级。

表 13: 行业可比公司估值情况

股票代码	证券简称	股价 (元)	市值(亿元)	EPS (元)				PE			
				2017	2018E	2019E	2020E	TTM	2018E	2019E	2020E
002414.SZ	高德红外*1	26.24	163.80	0.09	0.21	0.35	0.44	124.77	124.77	75.61	60.27
	均值							166.94	119.43	67.38	47.31
	中位数							129.57	105.61	61.63	44.01
	最大值							486.86	195.24	103.64	63.48
300516.SZ	久之洋	34.42	41.30	0.37	0.39	0.73	0.96	90.67	87.87	46.94	35.92
002214.SZ	大立科技	7.81	35.82	0.07	0.11	0.15	0.20	67.74	68.93	50.48	39.38
300474.SZ	景嘉微	53.66	161.73	0.44	0.48	0.64	0.85	113.67	111.93	83.49	63.02
002023.SZ	海特高新	12.90	97.63	0.05	0.09	0.16	0.27	145.47	141.45	82.06	47.71
600562.SH	国睿科技	16.62	103.43	0.35	0.21	0.43	0.51	147.12	78.84	38.36	32.83
300456.SZ	耐威科技	30.90	104.54	0.26	0.32	0.53	0.72	105.73	95.28	58.05	42.92
002268.SZ	卫士通	29.76	249.49	0.21	0.20	0.48	0.70	178.28	150.76	61.68	42.58
300101.SZ	振芯科技	13.53	75.68	0.05	0.07	0.13	0.22	486.86	189.50	100.59	61.61

资料来源：*1 为信达证券研发中心预测，其他引用万得一致预期。注：股价为 2019/03/08 日收盘价

风险因素

1, 红外成像产品需求不及预期，红外焦平面探测器量产进度及良率不及预期；

2. 单兵反坦克导弹订单规模不及预期;
3. 红外成像产品在消费领域推进不及预期。

资产负债表

单位:百万元

会计年度	2016A	2017A	2018E	2019E	2020E
流动资产	2,473.42	2,287.59	2,561.74	3,054.65	3,071.99
货币资金	758.55	466.40	925.27	1,365.58	1,184.68
应收票据	95.31	121.01	129.12	111.81	101.34
应收账款	738.96	869.15	813.41	958.39	1,013.40
预付账款	101.67	44.93	47.91	63.83	81.02
存货	733.47	737.82	597.74	506.76	643.26
其他	45.45	48.28	48.28	48.28	48.28
非流动资产	1,589.35	1,838.25	1,899.11	1,961.07	2,053.12
长期股权投资	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
固定资产(合计)	723.25	754.85	756.13	796.75	837.81
无形资产	254.07	317.25	374.68	405.81	451.26
其他	612.03	766.14	768.30	758.50	764.05
资产总计	4,062.76	4,125.84	4,460.85	5,015.72	5,125.11
流动负债	670.53	740.37	944.09	1,282.33	1,119.92
短期借款	347.38	360.00	510.00	710.00	410.00
应付票据	9.70	24.55	26.18	34.88	44.27
应付账款	202.00	213.75	244.53	325.78	413.53
其他	111.45	142.07	163.38	211.67	252.11
非流动负债	139.78	85.76	85.76	85.76	85.76
长期借款	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
其他	139.78	85.76	85.76	85.76	85.76
负债合计	810.31	826.13	1,029.86	1,368.09	1,205.68
少数股东权益	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
归属母公司股东权益	3,252.46	3,299.71	3,430.99	3,647.63	3,919.43
负债和股东权益	4,062.76	4,125.84	4,460.85	5,015.72	5,125.11

重要财务指标

单位:百万元

会计年度	2016A	2017A	2018E	2019E	2020E
营业总收入	810.33	1,016.46	1,084.55	1,597.32	2,026.80
同比(%)	28.1%	25.4%	6.7%	47.3%	26.9%
归属母公司净利润	70.86	58.44	131.28	216.64	271.80
同比(%)	11.77%	-17.52%	124.62%	65.02%	25.46%
毛利率(%)	52.45%	49.87%	49.90%	54.68%	54.66%
ROE%	2.5%	1.8%	3.9%	6.1%	7.2%
EPS(摊薄)(元)	0.11	0.09	0.21	0.35	0.44
P/E	231.18	280.27	124.77	75.61	60.27
P/B	5.04	4.96	4.77	4.49	4.18
EV/EBITDA	96.75	104.36	65.76	46.40	38.32

利润表

单位:百万元

会计年度	2016A	2017A	2018E	2019E	2020E
营业总收入	810.33	1,016.46	1,084.55	1,597.32	2,026.80
营业成本	385.29	509.53	543.40	723.95	918.95
营业税金及附加	7.34	13.35	14.24	20.98	26.62
销售费用	50.17	56.35	60.12	88.55	112.35
管理费用	266.68	330.17	103.03	151.74	202.68
研发费用	0.00	0.00	268.84	343.42	435.76
财务费用	7.86	12.42	18.67	25.36	21.70
减值损失合计	33.37	62.55	-33.40	38.89	43.27
投资净收益	0.22	5.35	3.08	2.88	3.77
其他	0.00	0.72	0.46	0.69	0.57
营业利润	59.84	38.16	113.19	208.00	269.82
营业外收支	20.06	19.28	31.24	30.33	29.19
利润总额	79.90	57.45	144.42	238.33	299.01
所得税	9.04	-1.00	13.14	21.69	27.21
净利润	70.86	58.44	131.28	216.64	271.80
少数股东损益	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
归属母公司净利润	70.86	58.44	131.28	216.64	271.80
EBITDA	172.91	160.41	256.86	368.36	438.17
EPS(当年)(元)	0.11	0.09	0.21	0.35	0.44

现金流量表

单位:百万元

会计年度	2016A	2017A	2018E	2019E	2020E
经营活动现金流	-123.32	31.84	482.23	425.99	342.68
净利润	70.86	58.44	131.28	216.64	271.80
折旧摊销	83.75	86.83	92.60	102.21	113.63
财务费用	9.25	16.13	19.84	27.82	25.54
投资损失	-0.22	-5.35	-3.08	-2.88	-3.77
营运资金变动	-319.77	-167.48	271.85	46.73	-103.91
其它	32.81	43.26	-30.26	35.46	39.39
投资活动现金流	-461.96	-362.22	-153.53	-157.86	-198.03
资本支出	-169.20	-201.59	-156.60	-160.74	-201.80
长期投资	-199.78	600.55	3.08	2.88	3.77
其他	-92.99	-761.18	0.00	0.00	0.00
筹资活动现金流	920.59	41.33	130.16	172.18	-325.54
吸收投资	602.65	0.00	0.00	0.00	0.00
借款	274.43	27.92	150.00	200.00	-300.00
支付利息或股息	18.02	25.44	19.84	27.82	25.54
现金流净增加额	336.46	-288.56	458.87	440.30	-180.90

研究团队简介

李勇鹏，军工行业首席分析师。毕业于北京理工大学固体力学系，先后于中航工业沈飞民机、中国运载火箭技术研究院就职近 7 年，从事民用飞机设计、航天运输系统领域规划、项目预先研究及技术攻关等工作，曾参与 C919、庞巴迪 C 系列等民用客机设计，以及航天领域多项重大工程研究攻关。2015 年 9 月至 2017 年 8 月就职于民生证券，从事机械行业研究。2017 年 9 月加入信达证券从事军工行业研究。

机构销售联系人

区域	姓名	办公电话	手机	邮箱
华北	袁泉	010-83252068	13671072405	yuanq@cindasc.com
华北	张华	010-83252088	13691304086	zhanghuac@cindasc.com
华北	巩婷婷	010-83252069	13811821399	gongtingting@cindasc.com
华东	王莉本	021-61678580	18121125183	wangliben@cindasc.com
华东	文襄琳	021-61678586	13681810356	wenxianglin@cindasc.com
华东	洪辰	021-61678568	13818525553	hongchen@cindasc.com
华南	袁泉	010-83252068	13671072405	yuanq@cindasc.com
国际	唐蕾	010-83252046	18610350427	tanglei@cindasc.com

分析师声明

负责本报告全部或部分内容的每一位分析师在此申明，本人具有证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告；本报告所表述的所有观点准确反映了分析师本人的研究观点；本人薪酬的任何组成部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体分析意见或观点直接或间接相关。

免责声明

信达证券股份有限公司(以下简称“信达证券”)具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本报告由信达证券制作并发布。

本报告是针对与信达证券签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。信达证券不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。客户应当认识到有关本报告的电话、短信、邮件提示仅为研究观点的简要沟通，对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告是基于信达证券认为可靠的已公开信息编制，但信达证券不保证所载信息的准确性和完整性。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告最初出具日的观点和判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会出现不同程度的波动，涉及证券或投资标的的历史表现不应作为日后表现的保证。在不同时期，或因使用不同假设和标准，采用不同观点和分析方法，致使信达证券发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，对此信达证券可不发出特别通知。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测仅供参考，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人做出邀请。

在法律允许的情况下，信达证券或其关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能会为这些公司正在提供或争取提供投资银行业务服务。

本报告版权仅为信达证券所有。未经信达证券书面同意，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若信达证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，信达证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成信达证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。

如未经信达证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。信达证券将保留随时追究其法律责任的权利。

评级说明

投资建议的比较标准	股票投资评级	行业投资评级
本报告采用的基准指数：沪深 300 指数（以下简称基准）； 时间段：报告发布之日起 6 个月内。	买入： 股价相对强于基准 20% 以上；	看好： 行业指数超越基准；
	增持： 股价相对强于基准 5% ~ 20%；	中性： 行业指数与基准基本持平；
	持有： 股价相对基准波动在±5%之间；	看淡： 行业指数弱于基准。
	卖出： 股价相对弱于基准 5% 以下。	

风险提示

证券市场是一个风险无时不在的市场。投资者在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。建议投资者应当充分深入地了解证券市场蕴含的各项风险并谨慎行事。

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者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、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。