

# 军民市场需求打开非制冷红外龙头成长空间

## ——睿创微纳 (688002.SH) 投资价值分析报告

公司深度

◆国内非制冷红外成像领导者，掌握核心技术筑高护城河。公司是国内领先的、专业从事非制冷红外成像与 MEMS 传感技术开发的国家高新技术企业，具备从芯片到整机的全产业链核心技术及生产工艺，产品性能指标世界领先。2019 年公司收入、净利润分别为 6.85、2.02 亿元，同比增长 78%、61%；2020 年上半年疫情影响导致公司测温产品营收大幅增长，公司营收、净利润为 6.93、3.08 亿元，分别同比大幅增长 173%、377%。

◆海外红外厂商技术积累深厚，非制冷产品国产替代机会较高。红外热像仪可通过探测物体的红外辐射对物体进行温度测量和热状态分析，广泛应用于军事及民用领域。红外成像行业的技术壁垒较高，欧美龙头企业 FLIR、ULIS、洛克希德等占据民用 70%，军用 50% 以上的市场份额。随着封装、ASIC 技术的发展，芯片成本逐渐降低，国内市场涌现更多需求，以睿创微纳为主的国内厂商已经在非制冷领域技术突破垄断，国产替代空间巨大。

◆军品业务：军用装备升级和军费开支提升推动军用红外市场快速发展，睿创微纳军品业务有望步入快速成长期。2018 年以来，我国装备建设投入逐年增长，单兵夜视、导弹制导等新兴红外市场有望随着我国军队装备升级换代迎来快速发展，我们预计到 2023 年全球军用红外市场规模将达到 108 亿美元，国内份额占比快速提升。睿创微纳坚持发展自主红外技术，定制化供应军方用户，军品毛利率保持在 70% 以上。2019 年公司军用品业务营收约 2 亿元，20H1 营收达到 1.63 亿元，同比增长 130%。

◆民品业务：非制冷技术打破外资垄断，全产业链产能持续扩张。民用领域非制冷技术日渐成熟，检疫、户外、监控、边防等更多下游场景将带来广阔市场空间，预计到 2024 年全球民用红外市场规模可达 75 亿美元。睿创微纳作为少数突破民用红外技术封锁的国产厂商，民品业务得以迅速发展，2019 年民品收入约 4.8 亿元，20 年 H1 收入达到 5.27 亿元，同比增长 189%。公司长期产能规划已经扩充至芯片 100 万只/机芯和 50 万只/整机 20 只，民品业务有望深度受益民用应用场景的不断扩张。

◆盈利预测、估值与评级。我们预计睿创微纳 2020-2022 年的营业收入为 13.30、20.94、29.68 亿元，归母净利润为 4.70、6.76、9.06 亿元，当前 351 亿元市值对应 PE 估值为 75x、52x、39x，首次覆盖给予“买入”评级。

◆风险提示：技术与产品研发风险；军费开支缩减风险；贸易环境影响

指标	2018	2019	2020E	2021E	2022E
营业收入 (百万元)	384.10	684.66	1,330.25	2,094.00	2,968.00
营业收入增长率	146.66%	78.25%	94.29%	57.41%	41.74%
净利润 (百万元)	125.17	202.07	470.43	675.72	905.80
净利润增长率	94.51%	61.44%	132.81%	43.64%	34.05%
EPS (元)	0.33	0.45	1.06	1.52	2.04
ROE (归属母公司) (摊薄)	12.44%	8.63%	16.85%	19.70%	21.09%
P/E	243	174	75	52	39

资料来源：Wind，光大证券研究所预测；注：股价时间为 2020 年 7 月 30 日

### 买入 (首次)

当前价：78.84 元

### 分析师

刘凯 (执业证书编号：S0930517100002)

021-52523849

[kailiu@ebsec.com](mailto:kailiu@ebsec.com)

### 联系人

王经纬

0755-23945524

[wangjingwei@ebsec.com](mailto:wangjingwei@ebsec.com)

### 市场数据

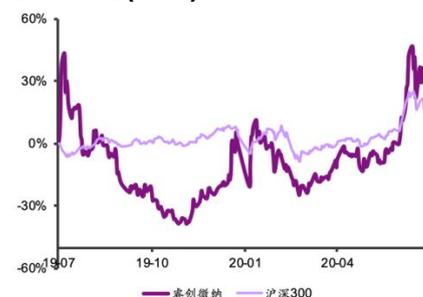
总股本(亿股)：4.45

总市值(亿元)：350.84

一年最低/最高(元)：36.65/85.89

近 3 月换手率：495.86%

### 股价表现(一年)



### 收益表现

%	一个月	三个月	十二个月
相对	58.20	69.25	57.69
绝对	43.49	48.27	36.79

资料来源：Wind

## 投资聚焦

### 关键假设

1、**红外成像探测器**：为了满足下游民用、军品市场快速增长的需求，公司投入上市募集资金 2.5 亿元进行探测器产能扩充，预计到 2022 年将新增全系列探测器年产能 36 万台，总产能达到 55 万台，单价维持稳定。我们预计公司红外成像探测器分项 2020-2022 年将取得营业收入 4.52/6.72/8.51 亿元，毛利率为 56.50%/52.00%/51.00%。

2、**红外探测器机芯**：2020 年开始，我国国防预算开始稳步增长，装备采购费用逐渐上升，作为制导系统核心组件的红外机芯销量有望实现稳步增长，我们预计 2020-2022 年机芯业务收入将为 2.42/4.00/5.40 亿元，对应毛利率为 65.00%/62.50%/61.50%。

3、**红外探测器整机**：随着红外探测器成本和售价的不断降低，电力、消防、卫生等各个领域不断涌现红外探测需求，推动整机产品销量高速增长。我们预计 2020-2022 年整机业务收入将达到 6.16/10.00/15.53 亿元，毛利率为 46.00%/44.00%/43.00%。

### 我们的创新之处

- 1、本报告对睿创微纳的产品布局及技术能力进行分析，认为公司的核心竞争力为高技术，未来将不断扩大市场份额，实现持续收入增长。
- 2、本报告详细分析了红外探测器的工作原理、性能特点、技术发展，将非制冷红外焦平面技术解构为微测辐射热计、CMOS 读出电路、真空封装 3 大技术模块，指出技术难点在于高密度大面阵焦平面阵列制备技术、非均匀性校正技术、晶圆级和像元级封装技术。

### 股价上涨的催化因素

- 1、我国积极推进军队信息化及武器装备现代化建设，国产替代加速，红外装备市场将迎来快速发展阶段，带动公司军品收入提升。
- 2、随着红外产品价格下降，民用红外热成像仪将更多的应用于汽车辅助驾驶、个人消费电子及物联网等新兴领域，进一步扩大公司民用产品销售规模。

### 盈利预测和估值分析

我们预计睿创微纳 2020-2022 年营业收入分别为 13.30/20.94/29.68 亿元，综合毛利率分别为 53.12%/50.21%/48.76%；我们预计公司 20-22 年归母净利润为 4.70/6.76/9.06 亿元，对应 EPS 分别为 1.06/1.52/2.04 元。

公司坚持科技先导，技术优先，具备非制冷红外成像全产业链核心技术及生产工艺，产品关键参数世界领先。随着国防支出的增加，新型装备改革导致单兵夜视、导弹制导等非制冷红外军品需求大量增长，而民用热成像仪也在逐渐拓展诸如边防监控、消防救援、汽车辅助驾驶等下游场景。公司围绕太赫兹技术以及小像元尺寸进行研发投入，并根据市场需求扩大芯片封装到终端生产的全产业链产能，目前扩产计划为芯片 100 万只/机芯 50 万只/整机 20+万只，22 年芯片产能可达 50 万只。军品业务稳定贡献业绩，民品业务支撑营收快速增长，首次覆盖给予“买入”评级。

# 目录

1、 睿创微纳：国内非制冷红外芯片领军者 .....	6
1.1、 十年磨一剑，打造世界级红外探测器芯片企业 .....	6
1.2、 布局全产业链生态优势初显，卡位军民双赛道实现协同发展 .....	7
1.3、 高销量抵消毛利率下滑影响，带动营收及利润高速增长 .....	10
1.4、 十年钻研构筑高技术壁垒，引领国内非制冷红外技术发展 .....	12
2、 红外成像行业：技术壁垒高，应用领域广 .....	17
2.1、 红外线无处不在，可用于昼夜观察和物体测温 .....	17
2.2、 探测器是红外热像仪核心部件，三大技术难点亟待攻克 .....	18
2.3、 红外成像市场规模稳定增长，高准入门槛带来高行业集中度 .....	23
2.4、 欧美厂商先发优势突出，中国厂商快速崛起 .....	24
3、 军品业务：国防装备费用增加推高军用需求，自主技术发展是国产替代的核心驱动力 .....	30
3.1、 国防支出预算持续增加，军用红外市场空间广阔 .....	30
3.2、 高端军品需求由技术驱动，国产非制冷凭性价比率先突围 .....	33
3.3、 睿创微纳：坚持科技先导，布局太赫兹产品，打开高端军用市场 .....	34
4、 民品业务：成本驱动民用市场，多样化应用场景推动公司产能扩张 .....	37
4.1、 非制冷产品成本不断下降，新型应用不断涌现 .....	37
4.2、 民用场景百花齐放，厂商深度受益国内市场 .....	38
4.3、 睿创微纳：全产业链加速产能扩张，研发奠定民品业务发展基础 .....	41
5、 盈利预测与估值 .....	45
5.1、 关键假设及盈利预测 .....	45
5.2、 估值比较和投资评级 .....	47
6、 风险分析 .....	49

## 图表目录

图表 1：公司历史沿革	6
图表 2：公司创始人马宏为公司控股股东和实际控制人（截至 2020 年 3 月 31 日）	7
图表 3：公司产品覆盖整个红外成像产业链	8
图表 4：2019 年公司整机产品收入占总营业收入比例达 48%	8
图表 5：公司整机产品营业收入快速增加(单位：万元)	8
图表 6：公司产品的军事用途	9
图表 7：公司产品的民事用途	9
图表 8：公司军用及民用业务收入快速增长（单位：万元，%）	9
图表 9：公司民用业务收入占比超过 70%（单位：%）	10
图表 10：公司军品毛利率高于民品毛利率（单位：%）	10
图表 11：2016-2020H1 公司营业收入快速增长（单位：万元，%）	11
图表 12：2016-2020H1 公司归母净利润快速增长（单位：万元，%）	11
图表 13：公司产品销量高速增长（单位：件）	11
图表 14：2020H1 公司毛利率和净利率回升（单位：%）	11
图表 15：公司技术发展历经三个阶段，目前处于核心技术深化期	12
图表 16：公司掌握非制冷红外热成像核心技术	13
图表 17：公司持续加大研发投入（单位：万元，%）	14
图表 18：公司研发人员占比逐年提升，2019 年末达到 45.64%	15
图表 19：公司目前拥有 16 个在研项目	15
图表 20：红外线波长在 0.76 ~ 1000 微米之间	17
图表 21：热图像可以分辨出物体表面的热辐射差异	17
图表 22：红外热像仪可清晰观察到烟雾中的汽车	17
图表 23：红外热像仪工作原理示意图	18
图表 24：制冷型红外探测器具有单光子计数检测器，非制冷型红外探测器需要大量光子才能产生可检测信号	18
图表 25：非制冷型红外探测器成本功耗低，可广泛用于军用和民用领域	19
图表 26：三代红外热成像技术的一般性区别对照	19
图表 27：焦平面阵列示意图	20
图表 28：64×64 元读出电路功能框图	20
图表 29：红外探测器的三种封装模式（金属、陶瓷及 WLP 晶圆级）	21
图表 30：ASIC 芯片集成可显著减小成像模组尺寸	22
图表 31：焦平面阵列校正前后输出红外图像	22
图表 32：晶圆级封装示意图	23
图表 33：像元级封装工艺步骤	23
图表 34：2019-2025 年全球红外成像市场规模 CAGR 为 6.2%（单位：亿美元，%）	23
图表 35：2017 年非制冷红外热成像仪市场集中度高	24
图表 36：FLIR 产品广泛应用于工业及政府国防领域	25

图表 37：2019 财年 FLIR 实现营业收入 18.87 亿美元，同比增长 6.27%.....	26
图表 38：ULIS 产品运用多项技术，覆盖整个红外光谱.....	26
图表 39：欧美厂商技术领先，睿创微纳后来居上.....	27
图表 40：公司及同行 A 侧重前端产品，同行 B、C 整机产品更完善.....	27
图表 41：公司红外产品销量快速增长，超过可比公司销量之和（单位：台，%）.....	28
图表 42：睿创微纳技术储备丰富，产品参数国内领先.....	29
图表 43：2020 年我国国防支出预算达到 12680 亿元.....	30
图表 44：2014 年军用红外热成像仪市场地区分布.....	31
图表 45：美军 GPNVG-18 地面全景夜视系统，“四目夜视仪”.....	32
图表 46：中国空军雷神突击队夜间跳伞使用的双目、四目夜视仪.....	32
图表 47：美国最新一代红外成像导引系统 AIM-9X.....	32
图表 48：中国使用热成像制导技术的最新空空导弹 PL-10E.....	32
图表 49：红外成像在军事领域的用途多样.....	33
图表 50：Sniper AT 瞄准吊舱（配备中波 640p 红外探测器、数字图像增强系统）.....	34
图表 51：响尾蛇空空导弹采用的 AIM-9X 制冷红外导引头.....	34
图表 52：无人机搭载红外光电载荷能够大幅度提升排查侦查效率.....	35
图表 53：非制冷红外成像探测器近年逐渐在单兵夜视及热武器瞄具中列装.....	35
图表 54：睿创微纳军用红外领域在研项目一览（截至 2020 年半年报发布）.....	36
图表 55：2017-2023 年全球民用红外市场规模预测（单位：亿美元）.....	37
图表 56：2018-2024 年全球非制冷民用红外市场规模复合增速为 7.0%（单位：亿美元，%）.....	37
图表 57：2018 年以来新发布的各类非制冷红外产品.....	38
图表 58：红外成像在民用领域应用广泛.....	39
图表 59：红外探测应用场景之工业测温.....	39
图表 60：红外探测应用场景之医疗检疫.....	39
图表 61：红外探测应用场景之汽车辅助驾驶.....	40
图表 62：红外探测应用场景之安防监控（热成像双目海螺半球）.....	40
图表 63：红外全景雷达在广域监控场景下的目标识别跟踪（客机、人）.....	40
图表 64：睿创微纳企业愿景.....	41
图表 65：睿创微纳 2020 年发布 130 万像素高清红外测温仪 AT1280.....	42
图表 66：睿创微纳非制冷红外探测产品扩建后将形成 4 个系列合计 36 万只年产能.....	43
图表 67：睿创微纳各类产品产能及规划情况汇总.....	43
图表 68：睿创微纳业务拆分预测（单位：百万元）.....	46
图表 69：睿创微纳盈利预测与估值简表.....	47
图表 70：可比公司市盈率 PE 水平.....	47

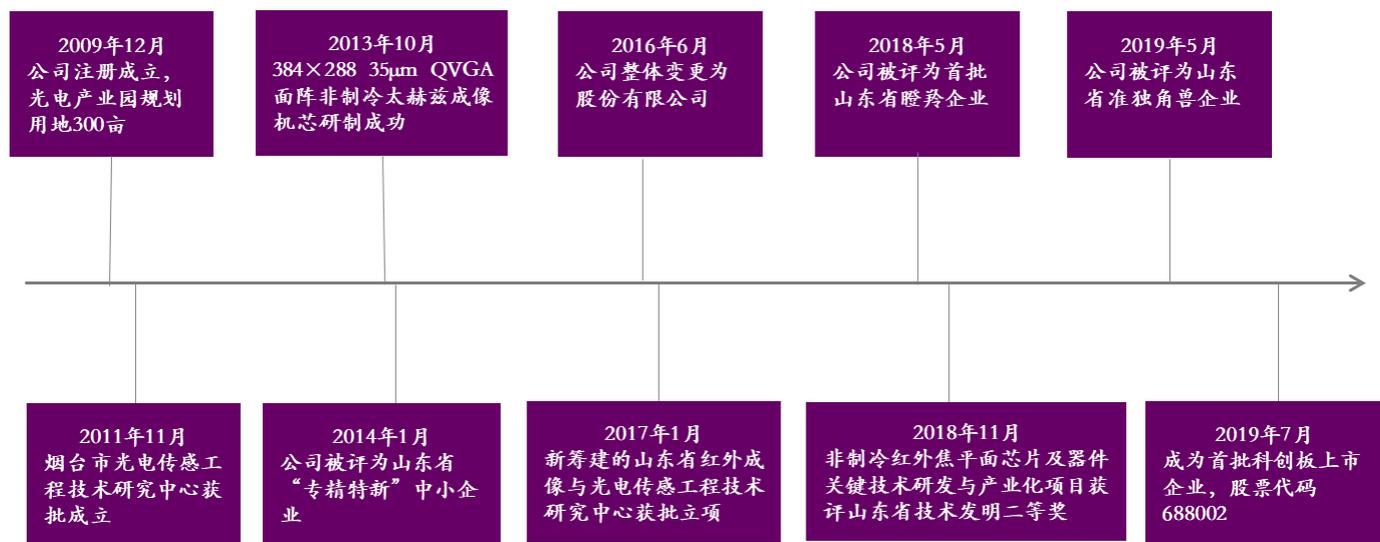
## 1、睿创微纳：国内非制冷红外芯片领军者

### 1.1、十年磨一剑，打造世界级红外探测器芯片企业

烟台睿创微纳技术股份有限公司是国内领先的、专业从事非制冷红外成像与 MEMS 传感技术开发的国家高新技术企业，致力于专用集成电路、MEMS 传感器及红外成像产品的设计与制造，产品技术水平世界领先，在国内非制冷红外探测器市场独占鳌头。

深耕红外热成像技术，快速成长为国内非制冷红外成像领域领导者。公司于 2009 年 12 月由自然人孙仕中、尚昌根出资设立，自成立以来，一直专注于红外热成像核心技术与产品的研发；2012 年，公司发布第一款非制冷红外焦平面探测器产品，并被评为国家高新技术企业；2013 年，公司成功研制出 QVGA 面阵非制冷太赫兹成像机芯；2015 年，公司开始规模量产非制冷红外探测器；2017 年，公司新筹建的山东省红外成像与光电传感工程技术研究中心获批立项，同年公司发布陶瓷封装非制冷红外焦平面探测器产品；2018 年，公司推出宽波段、大面阵、高灵敏非制冷太赫兹成像机芯及更小像元尺寸和更大阵列规模的非制冷红外焦平面探测器产品；2019 年，公司全系列 12 微米产品已实现稳定量产，并发布国内首款 10 $\mu$ m 1280 $\times$ 1024 非制冷红外探测器，同年 7 月，公司成为首批科创板上市企业。

图表 1：公司历史沿革

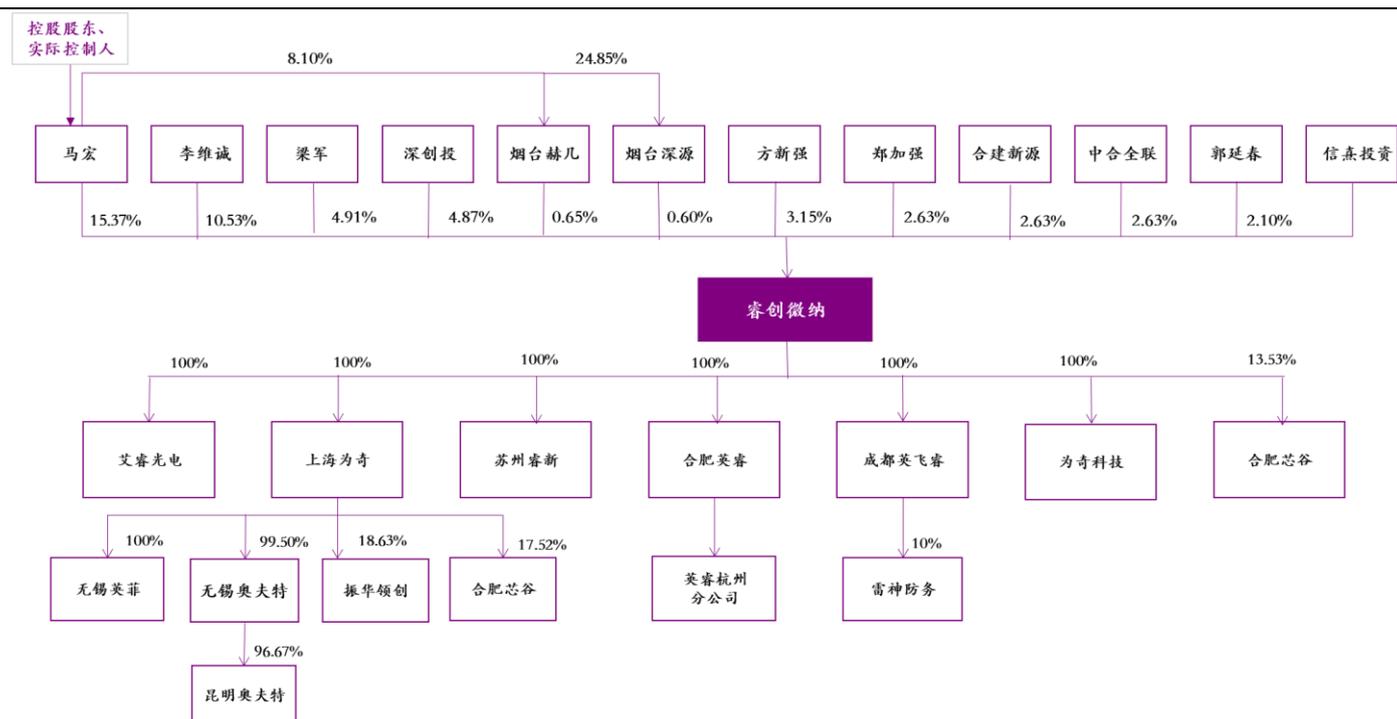


资料来源：公司官网，光大证券研究所整理

股权结构方面，马宏直接和间接持有 15.57% 股份，为公司控股股东及实际控制人。马宏目前直接持有公司 15.37% 的股份，此外分别通过烟台深源和烟台赫几间接持有公司 0.1491% 和 0.5265% 的股份，合计持有公司股份的比例为 15.57%，为公司控股股东和实际控制人。从对公司的历史发展贡献来看，马宏是公司的创始人、技术带头人，历史上对公司的发展壮大起了决定性的作用。马宏一直担任董事长和总经理，其作为公司经营决策核心决策者，对公司的业务经营、发展规划、重要人事任命等重要事项均具备决定性影响。

公司按产品的生产工序和相关环节的研发设立了相应的子公司，不同子公司承担不同的职能。从业务流程和产品形态之间的关系来看，母公司睿创微纳主要负责晶圆到芯片环节生产环节，其产品芯片全部卖给艾睿光电（不对外销售），无锡奥夫特销售给艾睿光电窗口原材料。艾睿光电将芯片及其他核心原材料部件进行封装生产为探测器并继续加工生产为机芯和整机产品对外销售。部分红外热像仪整机产品由艾睿光电销售给合肥英睿，然后由合肥英睿在国内销售给经销商实现对外销售。另外，公司设立苏州睿新和无锡英菲，两个公司业务定位为母公司的研发中心。苏州睿新主要是读出电路设计研发，无锡英菲主要是 MEMS 技术研发。

图表 2：公司创始人马宏为公司控股股东和实际控制人（截至 2020 年 3 月 31 日）

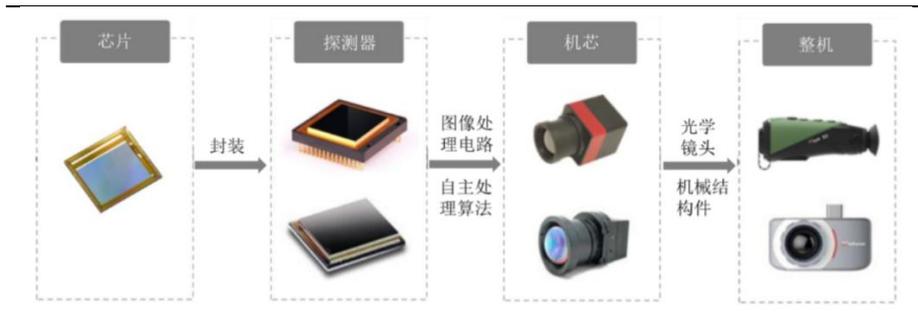


资料来源：公司公告，光大证券研究所整理

## 1.2、布局全产业链生态优势初显，卡位军民双赛道实现协同发展

公司具备先进技术研发与制造能力，产品几乎覆盖整个红外成像产业链。作为一家红外成像系统解决方案供应商，公司产品主要包括非制冷红外热成像 MEMS 芯片、红外热成像探测器、红外热成像机芯、红外热像仪及光电系统。其中，红外 MEMS 芯片是红外热成像系统的核心元件，该芯片是探测器的核心组件，目前公司不单独对外出售红外 MEMS 芯片，全部芯片均自用；将红外 MEMS 芯片封装之后形成非制冷红外探测器，探测器能够将光信号转变为微弱的电信号输出；机芯由红外探测器及带有公司自主算法的图像处理电路组成，图像处理电路对探测器输出的微弱电信号进行电信号处理以及数字化采样，在图像处理后，最终将目标物体温度分布图转化为视频图像；最后，机芯与光学系统、电池、外壳等结构件整合形成整机。

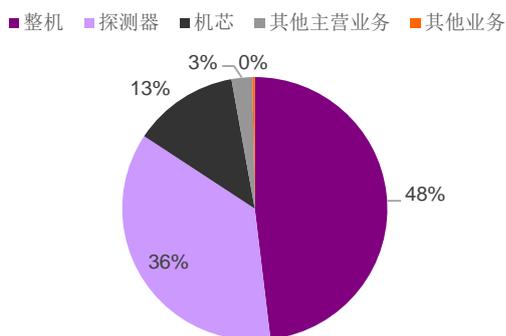
图表 3：公司产品覆盖整个红外成像产业链



资料来源：公司招股说明书

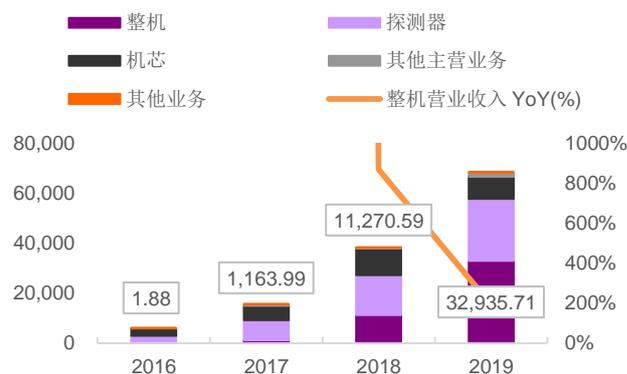
探测器、机芯及整机贡献主要营收，民用领域开拓带动整机收入占比快速提升。公司主要销售产品包括红外探测器、机芯与整机三类，此外还包括少量结构件、元器件作为产品配件进行销售。2019 年，公司整机、探测器和机芯产品分别占总营收的 48%，36%和 13%。其中，公司凭借优质的成像质量、良好的产品设计和有竞争力的市场价格，大力开拓海外狩猎市场，热像仪整机产品产销量快速增加，整机产品营业收入自 2017 年增速迅猛，2017-2019 年整机产品营业收入年均复合增速高达 431.9%。

图表 4：2019 年公司整机产品收入占总营业收入比例达 48%



资料来源：Wind，光大证券研究所整理

图表 5：公司整机产品营业收入快速增加(单位：万元)



资料来源：Wind，光大证券研究所整理；注：公司自 2017 年开始大力开拓整机业务，2017 年整机产品营业收入同比增速高达 61814.1%，因此未在图中显示

按应用领域划分，目前公司已形成军用和民用两大应用领域产品组合。其中军用产品主要应用于夜视观瞄、精确制导、光电载荷以及军用车辆辅助驾驶系统等，民用产品广泛应用于安防监控、汽车辅助驾驶、户外运动、消费电子、工业测温、森林防火、医疗检测设备以及物联网等诸多领域。

图表 6：公司产品的军事用途



资料来源：公司招股说明书，光大证券研究所整理

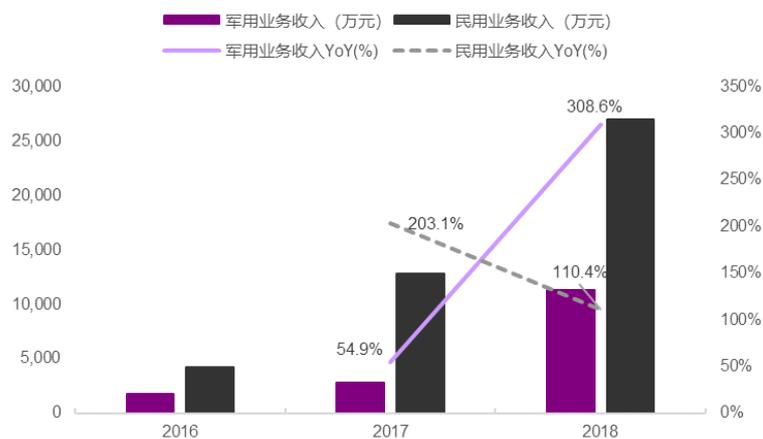
图表 7：公司产品的民事用途



资料来源：公司招股说明书，光大证券研究所整理

从军品市场切入，向民品市场延伸。2009-2012 年，公司专注于非制冷红外成像技术研发，并自 2013 年起参与多个军品项目研制，2015 年部分军品实现定型并陆续取得订单，由于军品订单在产品定型后通常具有一定延续性，同时公司在 2016 年和 2017 年陆续有其他产品完成定型并实现供货，因此军品订单以及相应收入在 2016-2018 年间保持了较好的增长趋势。2018 年，公司军用产品销售收入达 1.13 亿元，同比增长 308.6%，2016-2018 年军用产品销售收入年均复合增速高达 151.6%。在民品收入方面，公司主要客户在 2015 年相继完成了对探测器产品的性能评估并开始批量采购，使公司 2016 年以来的民品收入大幅提升，2018 年，公司民用产品销售收入达 2.69 亿元，同比增长 110.4%，2016-2018 年民用产品销售收入年均复合增速达 152.5%。

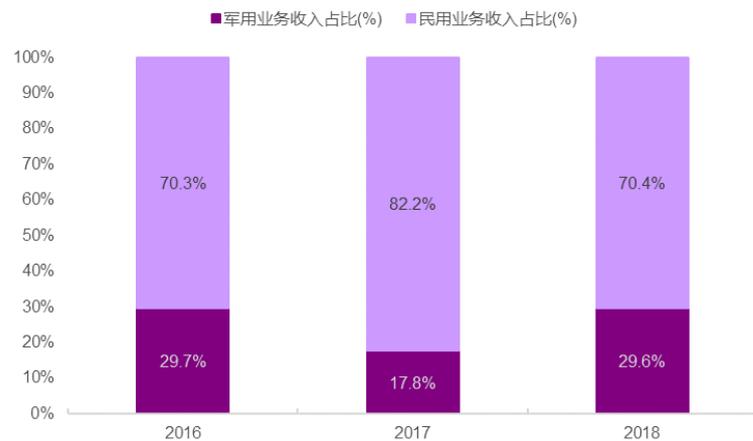
图表 8：公司军用及民用业务收入快速增长（单位：万元，%）



资料来源：公司招股说明书，光大证券研究所整理

民用业务后来居上，营收占比超 70%。从业务比重来看，目前公司的民用产品销售占主要部分，2016-2018 年，各期民用产品销售收入占主营业务收入比重均超过 70%。近年来，公司产品获得安防行业龙头企业的持续认可，同时安防监控行业整体快速增长，红外热像仪产品及相关技术在该领域得到广泛应用，民用产品需求快速增加，因此公司民用业务收入呈现高增长态势。

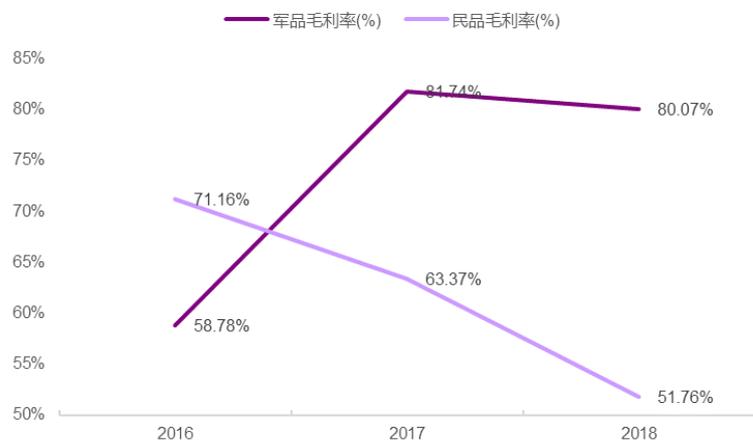
图表 9：公司民用业务收入占比超过 70%（单位：%）



资料来源：公司招股说明书，光大证券研究所整理

受高定制化程度影响，军品毛利率整体高于民品毛利率。在产品毛利率方面，军品由于产品技术规格要求较高，且定制化水平较高，毛利率总体高于民品，民品中由于标准化产品偏多，且更多地面向消费级整机市场，定价和毛利率明显偏低。从变化趋势上看，随着公司技术成熟、生产规模扩大及产品快速迭代，公司产品售价及毛利率有所降低，但由于销量增长迅速，公司毛利规模仍呈快速扩大趋势。

图表 10：公司军品毛利率高于民品毛利率（单位：%）



资料来源：公司招股说明书，光大证券研究所整理

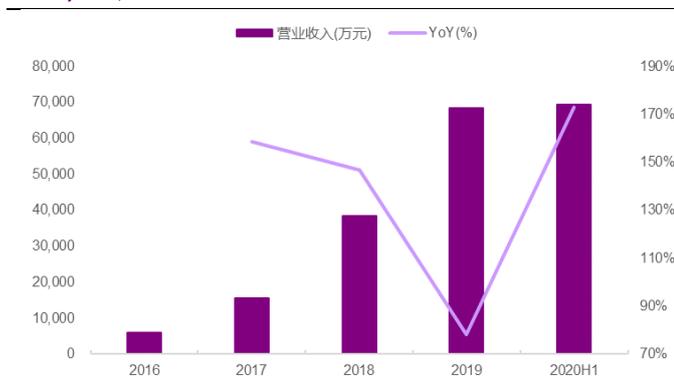
### 1.3、高销量抵消毛利率下滑影响，带动营收及利润高速增长

自 2016 年起，公司营收及利润进入高速增长阶段，主要是由于 2015 年 12 月底公司产品开始受到市场认可，民品进入海康威视供应链，军品亦开始批量供货。2017 年，主要得益于探测器和机芯产品订单进一步快速增长，及公司全面推出整机销售业务，公司主营业务收入同比增长 159.07%，归母净利润同比增长 563.9%。2018 年，公司的机芯和探测器销售继续保持快速增长态势，同时随着整机销售进一步打开国内外市场，公司整体销售规

模同比增速高达 145.60%，归母净利润同比增速达 94.5%。2019 年，公司探测器和热像仪整机产品产销量快速增加进一步带动营收增加至 6.85 亿元，同比增长 78.25%，归母净利润达 2.02 亿元，同比增长 61.4%，双双达到历史最高点。

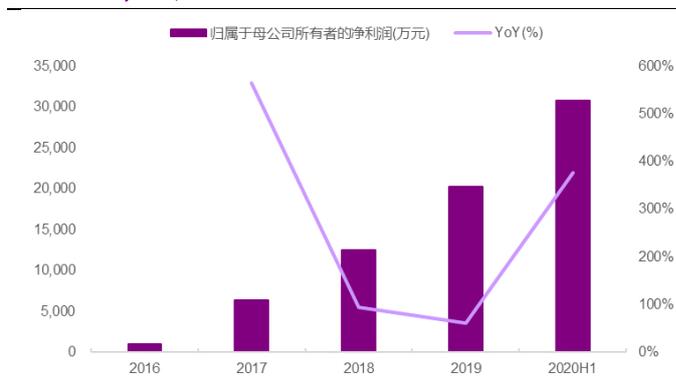
2020H1，受疫情影响，公司所生产的用于体温筛查的测温产品销售获得大幅增长，相关产品实现销售收入 24,117.33 万元，较上年同期同类产品增长 546 倍，民品实现销售收入 52,753.70 万元，占当期主营业务收入的 76.42%，较上年同期增长 189.01%；同时公司军品订单亦增加，2020H1 公司军品销售实现收入 16,273.49 万元，同比增长 129.90%，导致公司整体销售收入同比增加 172.87%，归母净利润同比增加 376.70%。

图表 11: 2016-2020H1 公司营业收入快速增长 (单位: 万元, %)



资料来源: Wind, 光大证券研究所整理

图表 12: 2016-2020H1 公司归母净利润快速增长 (单位: 万元, %)

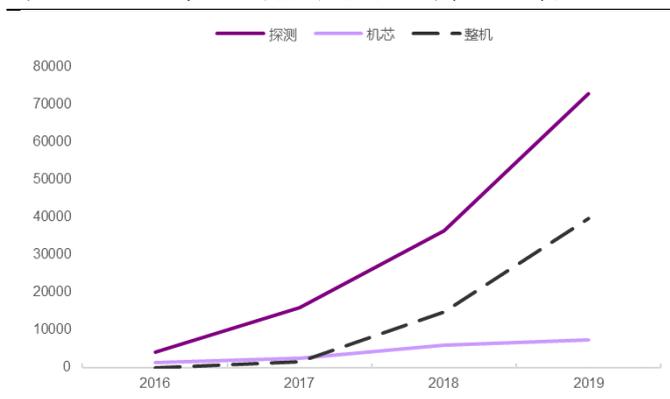


资料来源: Wind, 光大证券研究所整理

2016-2019 年，由于公司量产能力提高、单位成本下降以及民品市场扩张，公司探测器、机芯平均单价呈下降趋势，从而毛利率及净利率有所下降。但总体来看，虽然探测器的销售单价逐步降低，但销量持续增长，导致公司收入以及净利润均呈持续增长趋势。

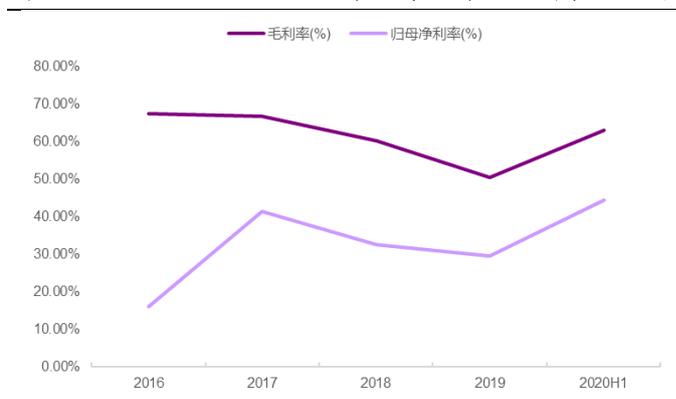
2020H1，由于产品规模效应、产品技术工艺提升、产品结构变化等导致探测器和整机毛利率提高，同时运营及研发费用增幅小于收入，公司毛利率和净利率出现回升，分别由 2019 年的 50.42%和 29.51%，上升至 2020H1 的 62.86%和 44.49%。未来公司将根据市场竞争及产品技术迭代情况制定合理的定价政策，持续提升公司的市场竞争力。

图表 13: 公司产品销量高速增长 (单位: 件)



资料来源: 公司公告, 光大证券研究所整理

图表 14: 2020H1 公司毛利率和净利率回升 (单位: %)



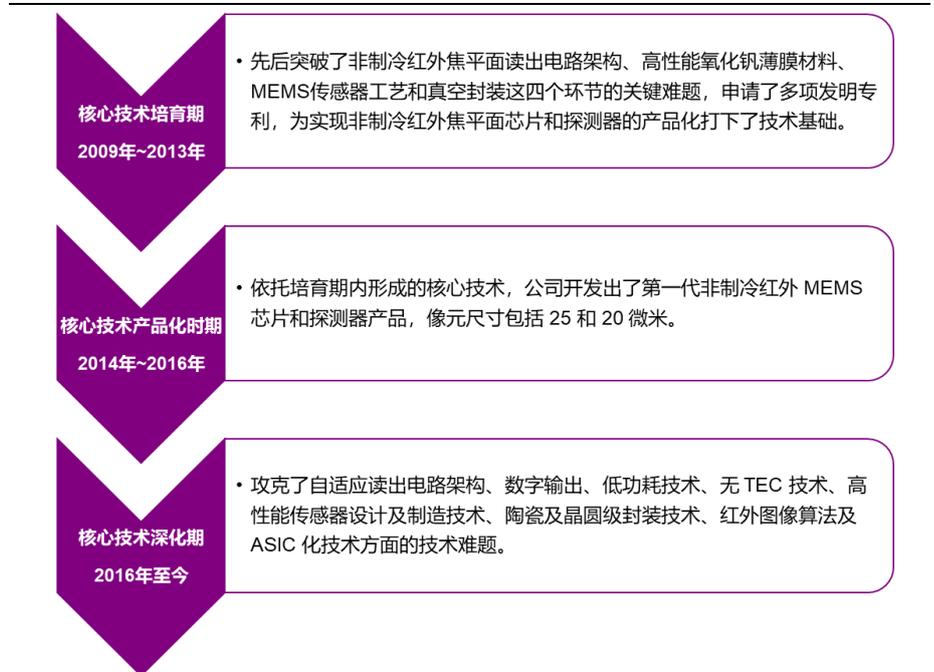
资料来源: 公司公告, 光大证券研究所整理

## 1.4、十年钻研构筑高技术壁垒，引领国内非制冷红外技术发展

### 1.4.1、掌握非制冷热成像核心技术，产品关键参数业内领先

非制冷热成像的核心技术是非制冷红外芯片的设计、制造和探测器的封装测试，其发展水平直接决定了非制冷热成像系统的性能。由于国内非制冷热像行业起步较晚，基础薄弱，早期国内企业几乎无自主生产非制冷红外成像产品的能力。公司自成立以来专注于非制冷热成像核心技术的研发，历经核心技术培育期、核心技术产品化时期和核心技术深化期，最终成功突破多项关键核心技术，成为国内为数不多的具备探测器自主研发能力并实现量产的公司之一。

图表 15：公司技术发展历经三个阶段，目前处于核心技术深化期



资料来源：公司招股说明书，光大证券研究所整理

目前，公司已掌握集成电路设计、MEMS 传感器设计及制造、封装测试、机芯图像算法开发、系统集成等非制冷红外成像全产业链核心技术及生产工艺。截至 2019 年底，公司已获授权共计 132 项涉及红外成像传感器热敏材料、器件结构和加工工艺的专利、34 项集成电路布图设计权以及 44 项软件著作权。

图表 16: 公司掌握非制冷红外热成像核心技术

序号	核心技术	核心技术内容简述	技术来源	主业应用情况	成熟程度
1	低噪声、低功耗、高密度数模混合信号集成电路设计	在低噪声、低功耗及复杂模数混合信号处理方面大胆创新。核心器件的敏感电源噪声做到 $\mu\text{V}$ 级；功耗持续优化，做到行业领先水平。	自主开发	应用于所有探测器	量产阶段
2	非制冷红外传感器焦平面阵列敏感材料制备	非制冷微测辐射热计敏感材料制备技术，直接决定微测辐射热计性能指标，通过调节制备工艺、参数实现高电阻温度系数、高均匀微测辐射热计敏感材料制备。	自主开发	应用于所有探测器	量产阶段
3	非制冷红外焦平面阵列设计、制备	改进 MEMS 设计和制备工艺，通过优化传感器设计实现高填充因子焦平面阵列的制备，从而提高了探测器的探测性能，满足高性能探测器的使用需求。	自主开发	应用于所有探测器	量产阶段
4	非制冷红外焦平面探测器晶圆级封装技术	包括晶圆级键合技术、薄膜吸气剂技术、焦平面阵列晶圆与窗口晶圆的晶圆级封装的集成工艺技术。	自主开发	应用于晶圆级封装非制冷红外焦平面探测器产品系列	量产阶段
5	基于红外图像的直方图均衡算法设计与实现	改善红外原始图像的视觉效果，增强图像的整体或局部特性，将原始图像变得清晰或强调某些敏感目标特征，扩大图像中不同物体特征之间的差别，抑制背景噪声，改善图像质量、加强图像判读和识别效果。	自主开发	普遍应用于机芯	量产阶段
6	基于非制冷红外技术的高精度非接触式测温技术研发	基于陶瓷封装非制冷红外探测器，实现 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 测温精度技术研发，满足批量生产工艺要求。	自主开发	应用于测温型机芯、工业在线测温整机产品、人体体温检测与筛查系统	量产阶段

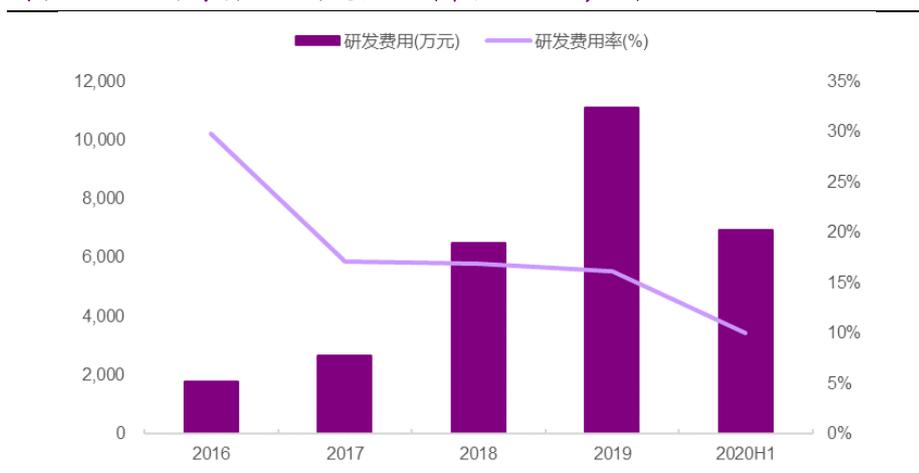
资料来源：公司年报，光大证券研究所整理

**专注于非制冷红外探测器，产品关键参数国内领先。**表征非制冷红外探测器技术水平的规格参数主要包括**像元尺寸、阵列规模和噪声等效温差 (NETD)**。像元尺寸越小、阵列规模越大，成像精度越高；噪声等效温差越小，产品灵敏度越高。公司专注于非制冷红外成像技术及产品的研发、设计与生产，已先后成功研发像元尺寸为  $35\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$ 、 $20\mu\text{m}$ 、 $17\mu\text{m}$ 、 $14\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ ， $256 \times 192$  面阵、 $384 \times 288$  面阵、 $640 \times 512$  面阵、 $1024 \times 768$  面阵及  $1280 \times 1024$  面阵的红外探测器产品， $12\mu\text{m}$  全系列红外探测器量产，陶瓷封装和晶圆级封装探测器均实现了全数字化输出，并于 2017 年获批作为牵头单位承担“核高基”国家科技重大专项研发任务。2019 年 8 月，公司发布像元尺寸为  $10\mu\text{m}$ ，阵列规模为  $1280 \times 1024$  的非制冷红外焦平面探测器，是继美国 DRS 之后第二家对外发布  $10\mu\text{m}$  非制冷探测器产品的公司。由此可见，公司的红外技术及产品的关键技术指标已达到国内领先、国际先进水平。

### 1.4.2、专注产品研发和人才培养，不断探索技术边界

**重视产品研发，持续加大投入。**作为技术驱动型企业，公司始终把产品研发视为重中之重，即使是在公司还未实现销售收入的成立初期，也不惜在流片等环节投入重金；实现核心技术突破后每年研发费用仍随收入增长保持较高增速，2019年公司研发费用高达1.11亿元，研发费用率为16.22%，近三年来保持稳定，与可比公司基本持平。2020H1公司研发费用为6927.39万元，较去年同期增加46.10%，但研发费用率有较大程度下滑，主要系收入增速较大所致。未来公司还计划投资建设研发线，进一步加快技术迭代，保持技术领先性。

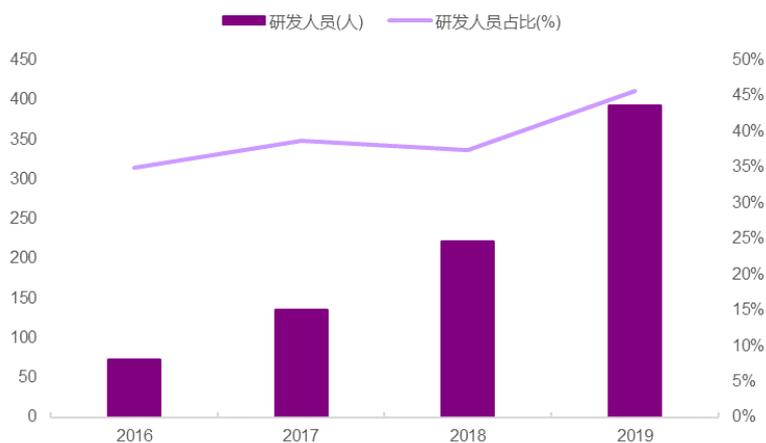
**图表 17：公司持续加大研发投入（单位：万元，%）**



资料来源：Wind，光大证券研究所整理

**注重研发团队建设，人员稳定性强、配合度高。**为了巩固和增强技术优势，自2016年以来，公司持续增招研发人员。目前，公司已形成一支主要研发人员均为硕士以上学历的高素质研发团队，平均人数从2016年的不足70人增长至2019年的393人，占公司总人数的45.64%。公司核心技术人员自公司设立之初即加入公司，长期从事光电技术和产品的研发、工程及量产制造，具有丰富的行业经验。为保证公司技术人员的稳定性，公司制定了相关的薪酬绩效以及技术革新、技术创新奖励管理条例，充分运用薪酬、奖励及表彰等多种激励方式提升员工工作的主动性，扎实推进技术攻关。同时，为营造积极的研发氛围，重视科技人才的培养，创造公平、宽松的学术环境和良好的工作条件，公司拟投资8000万元建设睿创研究院，以进一步加强人才队伍建设。

图表 18: 公司研发人员占比逐年提升, 2019 年末达到 45.64%



资料来源: Wind, 光大证券研究所整理

**持续加码产品创新, 引领红外成像前沿技术。**公司自成立以来, 一直专注于红外成像领域, 目前已经具备完善的产品研究、开发和创新体系, 具有较强的产品研发能力、持续创新能力和项目市场化能力。在深耕现有业务的基础上, 公司紧跟技术发展前沿, 不断创新, 目前共有 16 个在研项目。未来公司将结合市场需求, 积极推动晶圆级封装产品量产、ASIC 芯片集成及太赫兹探测等技术的研发及应用, 以实现更高的产品集成度, 更低的量产成本和更优良的产品性能。

图表 19: 公司目前拥有 16 个在研项目

序号	项目名称	进展或阶段性成果	拟达到目标	技术水平
1	10 $\mu\text{m}$ 非制冷红外成像芯片技术研发	EVT 初样	实现 10 $\mu\text{m}$ 像元、大规模面阵非制冷红外焦平面芯片的批量化生产	阵列规模: 1280 $\times$ 1024, 像元尺寸: 10 $\mu\text{m}$ 。国内尚未有同等像元尺寸下的 1280 $\times$ 1024 产品, 国外只有美国 DRS 一家有同等阵列规模和像元尺寸产品, 关键技术指标基本一致
2	12 $\mu\text{m}$ 非制冷红外成像芯片技术研发	PVT 小批量	实现 12 $\mu\text{m}$ 像元、中规模面阵非制冷红外焦平面芯片的批量化生产	国内首款 640 $\times$ 512 12 $\mu\text{m}$ 非制冷红外焦平面芯片
3	12 $\mu\text{m}$ 系列非制冷型红外焦平面探测器研发	DVT 正样	实现 12 $\mu\text{m}$ 像元、大规模面阵非制冷红外焦平面探测器的批量化生产。	国内首款 1280 面阵规模的非制冷红外焦平面探测器
4	专用红外图像处理 (ISP) 芯片研发	结题	实现非制冷红外接口电路和图像处理功能的 ASIC (专用集成电路) 化。	国内首款可支持到 1280 面阵规模的专用红外图像处理芯片
5	LT 系列非制冷红外机芯组件研发	PVT 小批量	研制系列化工业型高精度非接触式红外测温机芯组件, 并实现工程化量产	基于氧化钒红外探测器, 支持 384 $\times$ 288、640 $\times$ 512、1280 $\times$ 1024 分辨率, 具有高清晰图像和高精度测温能力。满足工业机器视觉、电力测温等高端应用需求。在国内处于领先水平, 国际先进水平
6	XPhoenix 系列制冷机芯组件研发	DVT 正样	2019 年实现量产定型	该机芯采用业界先进的探测器和自主研发的图像处理算法, 可实现高帧频、小尺寸和低功耗, 在国内行业中处于先进水平
7	小型化非制冷红外测温机芯组件研发	结题	研制满足中小型无人机光电吊舱与手持观瞄光电系统的高性能、小尺寸非制冷红外机芯组件, 并实现工程化量产。	全系列采用氧化钒陶瓷封装红外焦平面探测器, 功耗低、尺寸小, 并在高低温下具有高灵敏度, 在国内处于领先水平
8	HD 高清非制冷红外成像机芯组件研发	EVT 初样	研制一款高清晰度、高分辨率非制冷红外机芯组件, 并实现工程化量产	具有 1280 $\times$ 1024 分辨率高清晰度红外图像, 集成最新一代非制冷红外图像细节增强与降噪处理算法, 在国际处于先进水平

9	低成本红外测温模组研发	PVT 小批量	实现小面阵晶圆封装测温模组和陶瓷封装测温模组量产	256×192 12μm 晶圆封装探测器, 具有小尺寸, 低功耗, 多种输出接口, 全面阵测温, 测温精度高, 在国内处于领先水平; 384×288、640×512 陶瓷封装探测器, 具有尺寸小, 功耗低, 输出接口丰富, 全面阵测温, 测温精度高, 在国内处于领先水平
10	非制冷型红外测温整机研发	EVT 初样	研制系列化高精度非接触式红外测温整机, 涵盖手持型、在线型、口袋型等多种形态, 价格覆盖高中低, 并实现工程化量产	基于氧化钒红外探测器, 支持从 160×120 到 1280×1024 分辨率, 具有优异的红外图像效果和精准测温能力, 在国内处于领先水平
11	智能型非制冷型红外成像整机研发	EVT 初样	研制出一款高集成、高性能的便携小型化智能成像整机	640×512/12μm 红外清晰成像, 集成北斗、罗盘、激光测距多种功能模块。整机内置智能算法, 高性能低功耗, 技术指标达到国内领先水平
12	非制冷型红外成像户外整机研发	结题	根据市场需求研制出具有高图像质量、高性能、高可靠性的户外应用产品, 包含手持观测设备、狩猎枪瞄、头盔应用等产品	84×288, 640×512 系列产品具有清晰的红外成像效果, 整机体积小, 功耗低, 稳定性强, 具有优秀的用户体验, 受到不同地区用户好评
13	基于先进红外热成像的高级驾驶辅助系统项目研发	PVT 小批量	完成车载前装试验	384×288/12μm、640×512/17μm/12μm 整机达到国际领先水平, 整机成像清晰, 功耗极低, 可靠性高, 识别系统的识别率高, 已达到国内领先水平
14	某非制冷红外焦平面组件	PVT 小批量	解决小像元、超大面阵以及图像处理功能的片上集成化技术瓶颈, 研制出集成式小像元非制冷红外焦平面组件产品	世界首款, 也是目前唯一阵列规模达到 1280×1024 的集成式非制冷红外焦平面组件
15	太赫兹 xxx 探测阵列成像技术	DVT 正样	解决太赫兹宽频带室温探测技术瓶颈, 研制出产品	国内首款, 也是目前唯一阵列规模达到 640×512 的非制冷 THz 焦平面探测器, 噪声等效功率优于 80pW, 达到国际一流水平
16	技术专题研究	结题	人眼安全微型激光测距仪; 图像算法等的研发专题	出激光原理样机, 体积小、重量轻、功耗低、可靠性高, 达到国内先进水平。效果达到国际先进水平; 帮助热成像系统摆脱对 TEC 和校正挡片的依赖, 有助于系统的小型化

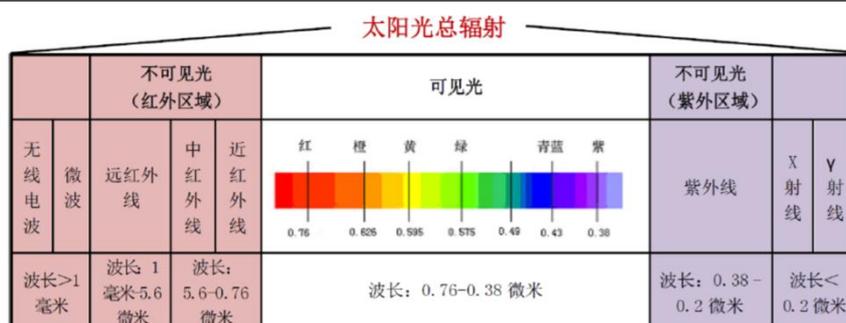
资料来源: 公司年报, 光大证券研究所整理

## 2、红外成像行业：技术壁垒高，应用领域广

### 2.1、红外线无处不在，可用于昼夜观察和物体测温

红外线是太阳光线中众多不可见光线中的一种，又称红外光、红外热辐射，是波长在 0.76 ~ 1000 微米之间、介乎微波与可见光之间的电磁波。按照波长的长短，红外线可分为三部分，即近红外线，波长为 0.76~1.50 微米之间；中红外线，波长为 1.50~6.0 微米之间；远红外线，波长为 6.0~1000 微米之间。

图表 20：红外线波长在 0.76 ~ 1000 微米之间



资料来源：公司招股说明书，光大证券研究所整理

红外线是自然界中存在最为广泛的辐射，可用于测温及观测。所有温度高于绝对零度 (-273°C) 的物质都不断地辐射红外线，红外线能量的大小与物体表面的温度和材料特性直接相关，温度越高，红外线能量就越大，因此可以通过探测物体的红外辐射对物体进行温度测量和热状态分析，基于此特性开发的红外热像仪可广泛应用于工业测温、城市安防等民用领域。同时，在大气中传输时，不同波长的红外线具有不同程度的吸收和衰减，其中 1~3 微米、3~5 微米和 8~14 微米的红外线穿透性较好，能穿透大气和烟雾，基于此特性开发的红外热像仪可广泛应用于夜间作战等军事领域及消防等民用领域。

图表 21：热图像可以分辨出物体表面的热辐射差异



资料来源：电子发烧友网

图表 22：红外热像仪可清晰观察到烟雾中的汽车

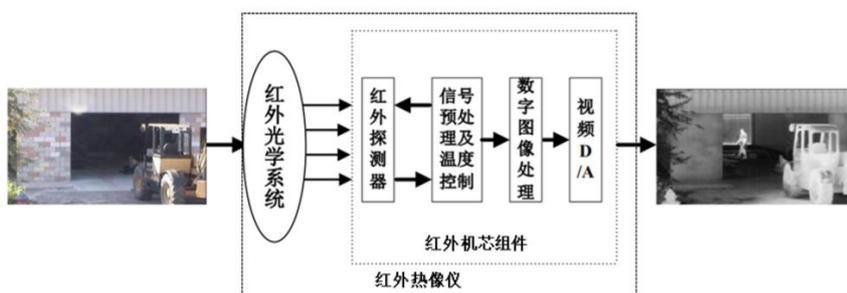


资料来源：电子发烧友网

红外热像仪将红外辐射转变为视频图像输出，随军事需求应运而生。红外热像仪也叫红外成像系统或红外探测系统，是一种用来探测目标物体的红

外辐射，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。红外热像仪通过探测目标物体的红外辐射，然后经过光电转换、电信号处理及数字图像处理等手段，将目标物体的温度分布图像转换成视频图像。简单来说，红外图像转换成可见图像分三步进行，第一步是利用对红外辐射敏感的红外探测器把红外辐射转变为微弱电信号，该信号的大小可以反映出红外辐射的强弱；第二步是利用后续电路将微弱的电信号进行放大和处理，从而清晰地采集到目标物体温度分布情况；第三步是通过图像处理软件对上述放大后的电信号进行处理，得到电子视频信号，电视显像系统将反映目标红外辐射分布的电子视频信号在屏幕上显示出来，得到可见图像。基于上述特性，欧美国家于 20 世纪 30 年代率先展开军事领域红外热像仪的研发，旨在用于昼夜观察和热目标探测，为红外成像技术的发展奠定了基础。

图表 23：红外热像仪工作原理示意图



资料来源：公司招股说明书

## 2.2、探测器是红外热像仪核心部件，三大技术难点亟待攻克

红外热像仪的核心部件是用来探测、识别和感知红外辐射的红外探测器，探测器水平直接决定了最终形成的可见图像的清晰度和灵敏度。按工作温度不同，红外探测器可分为制冷型和非制冷型。制冷型红外探测器工作时需要利用制冷机将温度制冷到零下 170 到 200 度左右，而非制冷型红外探测器可在室温下工作，无需低温制冷。制冷型和非制冷型红外探测器技术的差异来源于探测原理的不同。通常情况下，非制冷型红外探测器在探测原理上属于热式，利用目标红外辐射与探测器材料产生的热效应实现对目标的探测。制冷型红外探测器在探测原理上属于光子型，利用红外辐射与探测器材料相互作用产生的光电效应实现对目标的探测。

图表 24：制冷型红外探测器具有单光子计数探测器，非制冷型红外探测器需要大量光子才能产生可检测信号



资料来源：OPGAL

非制冷型红外探测器成本功耗低，在军用和民用领域应用前景广阔。总体而言，制冷型红外探测器具备灵敏度更高、空间分辨率更高、图像捕获速度更快、可实现光谱过滤等优势，但由于需要低温制冷工作，应用场合受限，且购买和维护成本高，维修停机时间长，使用寿命相对更短。而非制冷型红外探测器无需制冷工作，可维护性高，复杂度低，成本低，体积更小，功耗更低，在军用领域，不仅能够取代部分制冷型应用，还能应用于诸多制冷型红外探测器受限的场合，比如单兵装备等。而在民用领域，非制冷型红外探测器更是有着广阔的应用前景。

**图表 25：非制冷型红外探测器成本功耗低，可广泛用于军用和民用领域**

性能指标	制冷型红外探测器	非制冷型红外探测器
灵敏度(NETD)	<20 mK	30-200 mK
空间分辨率	感光度更高，放大倍率更大	感光度更低，放大倍率更小
光谱范围	中波红外 (MWIR) 波段 (3 $\mu$ m-5 $\mu$ m)	长波红外 (LWIR) 波段 (7 $\mu$ m-14 $\mu$ m)
使用寿命	8,000-13,000 小时	数年
价格	高昂，需低温冷却器	较低，无需低温冷却器
体积	庞大，部件较多	较小，部件较少
功耗	较高，需制冷机工作降温	较低，无需制冷机工作降温
应用领域	军事、航天、科研领域	军事和民用领域

资料来源：光大证券研究所根据谱盟光电、红相科技、格物优信等行业公开资料整理

**红外热成像技术历经三代，制冷光子型探测器和非制冷热式探测器并行发展。**从技术发展的历史看，现代红外探测器技术是从 1940 年代的制冷光子型单元红外探测器开始的，后来发展出线列探测器，再到今天的焦平面探测器和双色探测器，已发展到第三代。非制冷型红外焦平面技术属于第三代红外探测器技术，由美国霍尼韦尔公司于上个世纪九十年代中期研发成功，并于 2000 年前后实现商用。

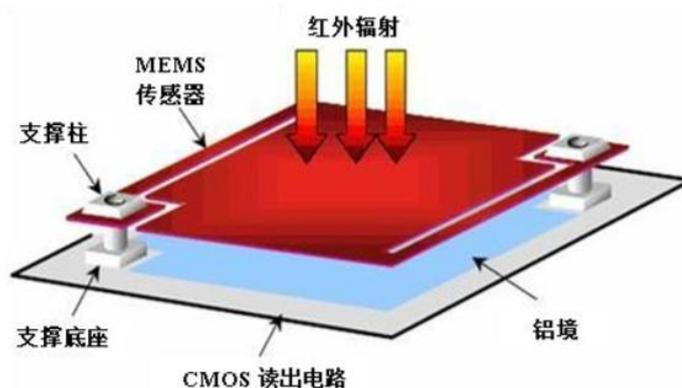
**图表 26：三代红外热成像技术的一般性区别对照**

对比项目	第一代红外热成像技术	第二代红外热成像技术	第三代红外热成像技术
波段	长波红外	长波红外；中波红外；短波红外；偏振红外（在系统级实现）	长波红外；中波红外；短波红外；在芯片级实现：偏振红外；双波段红外；双色红外；多波段红外；多色红外
成像仪总体	长波红外成像；复杂光机扫描；线列红外探测器；模拟信号处理；PAL；NTSC	简单光机扫描；凝视；微扫描；数字信号处理；PAL；NTSC；VGA；HVGA；QQVGA；SVGA	简单光机扫描；凝视；微扫描；HDTV；SXGA；XGA；QVGA
光学	基于球面光学元件的设计	球面、非球面、衍射光学元件相结合的设计	球面、非球面、自由曲面、衍射、微光学元件相结合的设计
光机扫描器	复杂的光机扫描	简单的光机扫描	
探测器组件	多元线列探测器；小面阵探测器；玻璃-金属杜瓦；节流制冷；分置式斯特林制冷机	线列焦平面探测器；面阵焦平面探测器；全金属杜瓦；整体集成斯特林制冷机；分置式斯特林制冷机	大/超大面阵焦平面探测器；长/超长 TDI 线列；双波段/双色焦平面探测器；多波段/多色焦平面探测器；偏振焦平面探测器。部分第三代红外探测器采用脉冲管制冷机制冷
电子学	模拟信号处理	数字信号处理	复杂数字信号处理片上模-数转换；采用 SOC 技术
非均匀校正	基于机内黑体的两点非均匀性校正	参考机内黑体的非均匀性校正；基于场景的非均匀性校正	参考机内黑体的非均匀性校正；基于场景的非均匀性校正；基于 SOC 的非均匀性校正；基于区域的非均匀性校正

资料来源：《红外成像技术中的 9 个问题》（蔡毅，王岭雪），光大证券研究所整理

红外探测器制造技术难度高，焦平面阵列技术是主流。红外探测器的设计、生产及研发涉及到材料、集成电路设计、制冷和封装等多个学科，技术难度很大，目前全球仅有美国、法国、以色列、中国等少数国家能够掌握非制冷红外探测器核心技术。目前市场上大部分红外探测器都是焦平面阵列，其特点是由  $M \times N$  个热敏单元（即像元）排成阵列，用来接收红外辐射，睿创微纳产品即采用焦平面阵列技术。

图表 27：焦平面阵列示意图



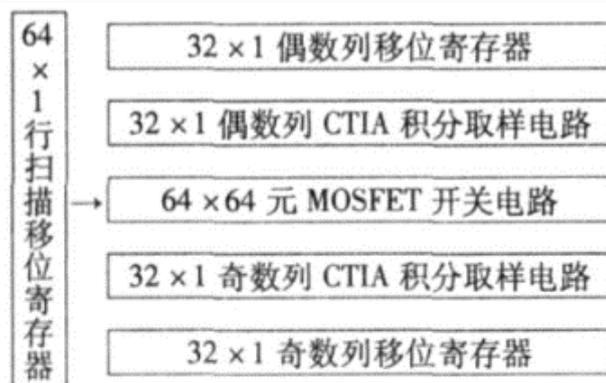
资料来源：公司招股说明书

具体而言，非制冷红外焦平面技术涵盖微测辐射热计、CMOS 读出电路、真空封装 3 大技术模块。

**微测辐射热计：**每个热敏单元从结构上主要由 CMOS 读出电路及 MEMS 传感器两部分组成，上层的 MEMS 传感器通常使用氧化钽或多晶硅等热敏材料制成，主要包括用于吸收红外辐射能量的吸收层和将温度变化转换成电流变化的热敏层。首先，红外光学系统将来自目标物体的热辐射聚焦到探测器焦平面阵列上；其次，吸收层吸收红外辐射能量使不同像元产生不同的温度变化；最后，热敏层将温度变化转换成电流的变化。

**CMOS 读出电路：**光生电流信号通过 CMOS 移位寄存器开启各自对应的 MOSFET 开关阵列中的开关管，选通信号分别经过积分、放大、取样后，被转换成电压信号，从而实现对信号电荷的输出并最终成像。CMOS 读出电路和 MEMS 传感器为多层结构，精密复杂，其设计和生产过程难度很高，是红外探测器的核心步骤。

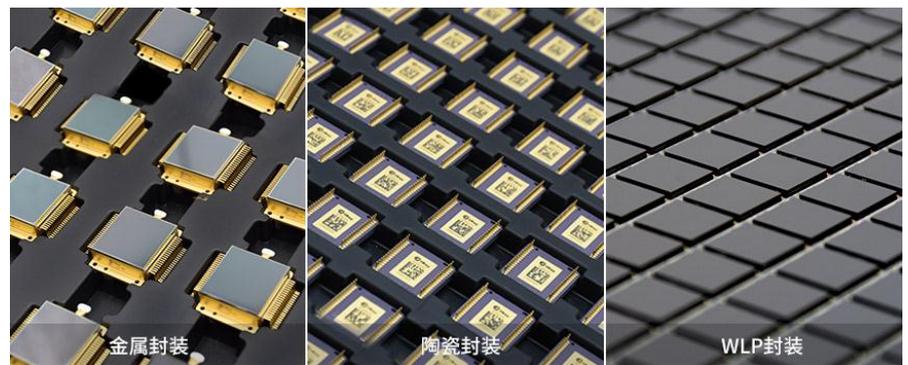
图表 28：64×64 元读出电路功能框图



资料来源：《硅 CMOS 红外焦平面 64×64 元读出电路》（耿爽，杨丽辉）

**真空封装：**除上述两步外，封装也是制作探测器的重要步骤之一。由于红外探测器接收的红外辐射能量变化细微，为了保证成像效果，需要将探测器置于真空环境下工作。目前行业内封装技术可以分为金属、陶瓷及晶圆级封装三类。其中晶圆级封装难度最大，但集成度更高，提高了批量生产的效率并能将封装成本从千元量级将至百元量级，有利于进一步降低产品价格，降低使用门槛，扩大市场容量。

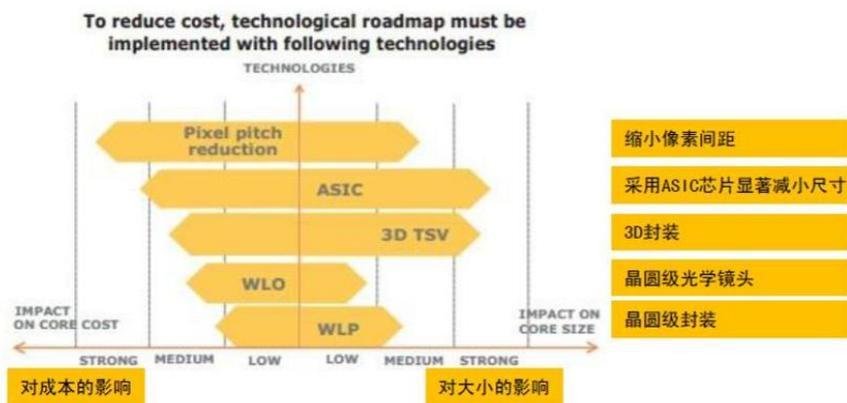
**图表 29：红外探测器的三种封装模式（金属、陶瓷及 WLP 晶圆级）**



资料来源：睿创微纳招股说明书

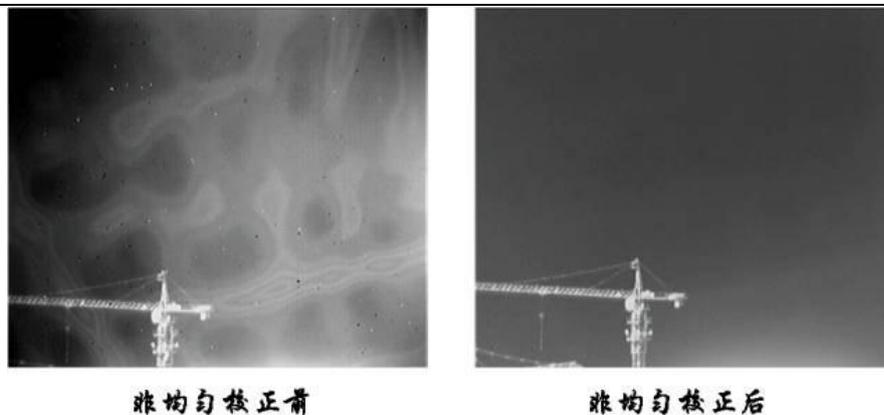
焦平面阵列技术难点在于高密度大面阵焦平面阵列制备技术、非均匀性校正技术、晶圆级和像元级封装技术。

**高密度大面阵焦平面阵列制备技术：**阵列规模代表着像元数量的多少，阵列规模越大说明探测器上的像元数量越多，成像的精细程度越高，同时视觉范围越大。常见的阵列规模有  $256 \times 192$ 、 $384 \times 288$ 、 $640 \times 480$ 、 $640 \times 512$ 、 $800 \times 600$ 、 $1024 \times 768$  及  $1280 \times 1024$  等，更大的阵列规模意味着设计及工艺难度越高。此外，更小的像元尺寸能够在焦平面单位面积上集成更多的像素，提高红外探测器的分辨率，同时也可以显著减小热成像设备的体积、重量、功耗和成本，因此具有十分重大的意义。近 10 年来，主流非制冷红外焦平面探测器的像元尺寸从最初的  $50\mu\text{m}$ ，历经  $45\mu\text{m}$ 、 $35\mu\text{m}$ 、 $25\mu\text{m}$  等几种规格，目前已经逐渐进入以  $12\mu\text{m}$  为主流的时代，且更小像元尺寸如  $10\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$  也已进入研制阶段。更小的像元尺寸也意味着 MEMS 传感器制造技术复杂程度的提高。同时，可采用 ASIC 芯片集成方式替代 PCB 电路板级元器件集成，ASIC 芯片集成可显著减小成像模组尺寸，提高模组集成度，技术难度亦较大，目前仅有少数厂商掌握。

**图表 30：ASIC 芯片集成可显著减小成像模组尺寸**


资料来源：公司招股说明书

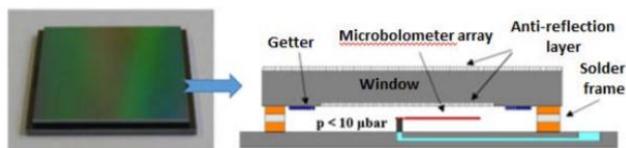
**非均匀性校正技术：**受红外焦平面阵列各敏感元响应特性不一致、 $1/f$  噪声、红外光学系统、读出电路自身及其与探测器耦合的非均匀性、外界环境温度及红外焦平面阵列中无效像元等因素的影响，获取的图像信号易发生模糊、畸变，导致红外图像产生空间不均匀。因此对高精度要求的红外热像仪系统来说，非均匀性校正技术是最为关键的图像处理技术之一，然而由于制造和使用环境的影响，目前还没有找到适应性较强的非均匀性校正方法，图像的非均匀性成为制约红外焦平面阵列探测器性能的主要因素。未来各企业需开发更为精确的非均匀性度量方法及校正技术，以实现更为精确的成像效果。

**图表 31：焦平面阵列校正前后输出红外图像**


资料来源：电子发烧友网

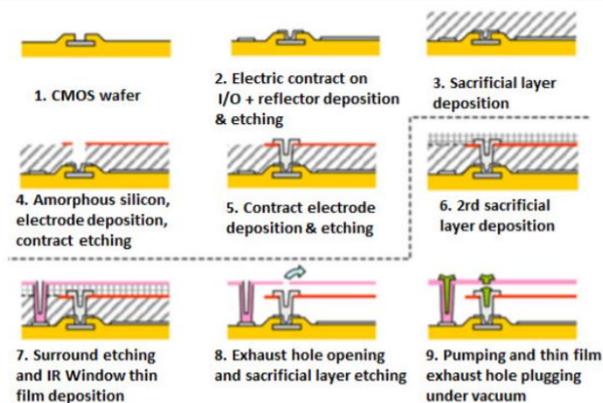
**晶圆级和像元级封装技术：**与金属和陶瓷管壳封装技术相比，晶圆级封装技术可实现先整体封装后进行切割的封装工艺，像元级封装技术将封装内化为 MEMS 工艺过程中的一个步骤，提升了封装集成度，简化了工艺步骤，能显著降低生产成本并易于规模化生产。目前仅有少数厂商掌握晶圆级封装量产技术，而像元级封装技术还处于研究阶段，是未来封装技术的重要突破点。

图表 32：晶圆级封装示意图



资料来源：《非制冷红外焦平面探测器封装技术研究进展》(王强, 张有刚)

图表 33：像元级封装工艺步骤

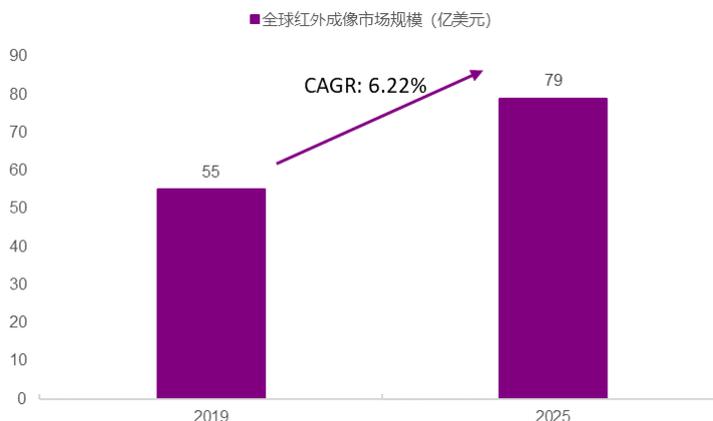


资料来源：《非制冷红外焦平面探测器封装技术研究进展》(王强, 张有刚)

### 2.3、红外成像市场规模稳定增长，高准入门槛带来高行业集中度

红外热成像仪最早运用在军事领域，1964 年，美国德克萨斯仪器公司研制出第一台军用红外热成像系统，旨在帮助士兵清楚观察战场中的情况，使美军在越南战争和海湾战争等战争中发挥巨大优势。因此，红外热像仪在军事上有极高的应用价值，其最重要的应用是昼夜观察和热目标探测。直到 1978 年 FLIR 公司成立，其在科研、工业、医疗、安防等领域不断推出热像仪和夜视仪设备，才真正实现了红外热像技术的商业化。近年来随着红外成像技术的发展与成熟，各种适用于民用的低成本红外成像设备出现，在国民经济各个领域发挥着越来越重要的作用。据市场调研机构 Research and Markets 预测，2019 年全球红外成像市场规模达到 55 亿美元，预计到 2025 年市场规模将达到 79 亿美元，2020-2025 年复合年增长率为 6.2%。

图表 34：2019-2025 年全球红外成像市场规模 CAGR 为 6.2% (单位：亿美元，%)

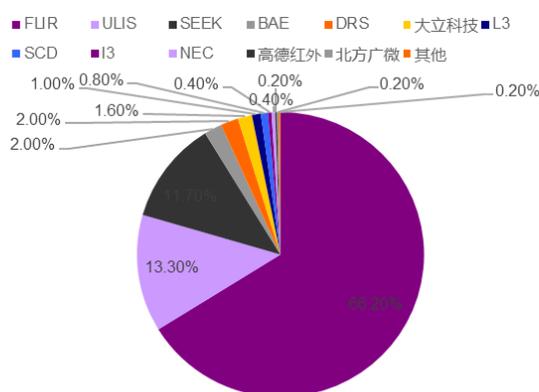


资料来源：Research and Markets，光大证券研究所整理

红外成像行业的准入门槛较高，欧美企业为主要玩家，行业集中度高。根据市场调研和战略咨询公司 Yole 的报告，目前全球范围内可提供非制冷

红外探测器的公司包括美国的 DRS、雷神、BAE、FLIR、SEEK Thermal 和 L3，以色列的 SCD，法国的 ULIS，中国的厂商包括睿创微纳、高德红外、大立科技和北方广微。目前国际上仅美国、法国、以色列和中国等少数国家掌握非制冷红外芯片设计技术，国外主要供应商对我国存在一定的出口限制，睿创微纳经过自身发展填补了我国在该领域高精度芯片研发、生产、封装、应用等方面的一系列空白，成为国内为数不多的具备探测器自主研发能力并实现量产的公司之一。根据 Yole 统计，2017 年全球非制冷红外热像仪总销量约 130 万台/套，其中 FLIR 市场占有率高达 66.2%，大立科技市场占有率 1.6%，高德红外市场占有率 0.2%，睿创微纳产品销量中以探测器和机芯为主，整机销量较低，因此整机销量市场占有率低于高德红外和大立科技。

图表 35：2017 年非制冷红外热成像仪市场集中度高



资料来源：Yole，光大证券研究所整理

## 2.4、欧美厂商先发优势突出，中国厂商快速崛起

### 2.4.1、欧美厂商优势明显，中国企业积极追赶

公司产品主要竞争对手为具备红外探测器自主研发能力的企业，其中海外企业主要包括 FLIR Systems Inc.（以下简称“FLIR”）和 ULIS，二者历史悠久，产品线丰富。

**FLIR 深耕红外成像领域四十载，主要销售整机产品。**FLIR 创建于 1978 年，NASDAQ 上市公司，为全球第一大非制冷红外热像仪制造商。其产品类型包括非制冷红外探测器、机芯、整机和系统；制冷机芯、整机和系统。其非制冷红外探测器采用氧化钒技术路线，并且一般不对外销售探测器。受美国出口管制政策限制，其销售到中国市场的产品在性能指标上有严格限制。由于其产品不符合国产化要求，国内军用市场基本不采用其产品。其产品广泛应用于热成像、态势感知与安防领域，主要包括机载与地面监视、状态监控、导航、娱乐、生产工艺控制、搜索救援、禁毒、边境与海事巡逻、环境监测，以及化工、生物、放射、核能与易爆物威胁检测等。

图表 36: FLIR 产品广泛应用于工业及政府国防领域



资料来源: FLIR 官网

外延并购加速成长, 产品布局日趋完善。1980 年代末, FLIR 开始利用其在红外成像技术方面的经验来开发用于各种商业应用的手持和实验室系统, 这些应用不仅需要卓越的图像质量, 而且还需要测量温度差的能力。1990 年起, FLIR 先后收购了 Hughes Aircraft Co.) 的工业红外成像小组、Agema (瑞典)、Inframetrics (马萨诸塞州波士顿)、Indigo Systems, 加速了 FLIR 在商业热成像市场上的成功。Agema 和 Inframetrics 共同代表了红外摄像机开发和热成像应用的顶尖水平, Indigo Systems 是红外成像产品的领先开发商和供应商。其中, Agema 于 1965 年开发了第一台用于电力线检查的商用红外扫描仪, 在 1973 年开发了第一台电池供电的便携式红外扫描仪, 在 1978 年开发了首个能够为 R&D 市场进行实时模拟记录的双波长系统, 且该摄像机是第一台非制冷红外摄像机。Inframetrics 也是商用红外热像仪和热成像技术开发的先驱, 于 1975 年开发了首个与电视兼容的红外系统, 并于 1995 年开发了第一台功能齐全的摄录一体机式焦平面阵列 (FPA) 红外热像仪。通过对多家公司收购, FLIR 不断丰富产品、扩大市场, 常年保持全球红外市场占有率第一, 2017 年市占率达到 66.20%。

2019 财年, FLIR 共实现营业收入 18.87 亿美元, 同比增长 6.27%, 其中工业事业部实现营收 10.92 亿美元, 国防事业部实现营收 7.95 亿美元。FLIR 整体收入的增长主要来源于国防事业部收入的增长, FLIR 在 2019 年第一季度收购了 Aeryon Labs, Inc. 和 Endeavor Robotics Holdings Inc., 同时无人值守解决方案和监视系统销售量增加。未来, FLIR 将致力于研发制造市场领先的传感器, 为国防、公共安全和企业市场提供完全集成的无人值守解决方案、机载传感和感知解决方案, 及决策支持系统。

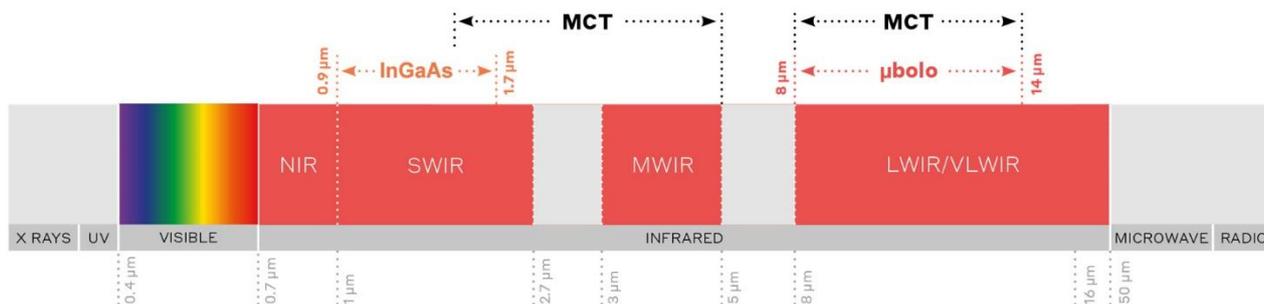
图表 37：2019 财年 FLIR 实现营业收入 18.87 亿美元，同比增长 6.27%



资料来源：FLIR 年报，光大证券研究所整理

ULIS 为全球第二大非制冷红外成像厂商，产品以探测器为主。ULIS 为 Sofradir Group 下属子公司，设立于 2002 年。ULIS 的产品主要为非制冷红外探测器，无非制冷产品，其非制冷红外探测器采用非晶硅技术路线。由于其产品不符合国产化要求，国内军用市场基本不采用其产品。ULIS 在欧洲、亚洲及北美市场均有覆盖，其产品广泛应用于安防、测温、国防、户外休闲等传统领域，并致力于开拓智能建筑、道路安全及汽车辅助驾驶等新兴领域。Sofradir 和 ULIS 一共拥有超过 35 年的红外成像传感器研发及生产经验，公司产品运用多种技术（MCT、InGaAs、微测辐射热计）覆盖了整个红外光谱（SWIR，MWIR，LWIR 和 VLWIR）。2017 年，公司非制冷红外热成像仪市场占有率约为 13.30%，为全球第二。2019 年 6 月，Sofradir 和 ULIS 宣布合并为 Lynred，截至目前公司共申请 532 项专利，每年研发投入占收入比例超过 15%，技术实力强劲。

图表 38：ULIS 产品运用多项技术，覆盖整个红外光谱



资料来源：Lynred 官网

欧美厂商技术领先，中国企业快速追赶。表征非制冷红外探测器技术水平的规格参数主要包括像元尺寸和阵列规模，像元尺寸越小、阵列规模越大，成像精度越高。目前，非制冷红外热像技术全球范围内行业的主流技术水平，像元尺寸为 17 $\mu\text{m}$ 、阵列规模为 640 $\times$ 512。具体而言美国的非制冷红外在像元尺寸上目前是 17 $\mu\text{m}$  和 12 $\mu\text{m}$  共存，正逐步向 12 $\mu\text{m}$  过渡；法国仍以 17 $\mu\text{m}$  为主，12 $\mu\text{m}$  刚开始推向市场。我国红外热像产业起步较晚，市场培育相对落后于欧美发达国家，但近年来实现了快速追赶。2019 年 8 月，睿创微纳发布像元尺寸为 10 $\mu\text{m}$ ，阵列规模为 1280 $\times$ 1024 的非制冷红外焦平

面探测器，是继美国 DRS 之后第二家对外发布 10 $\mu$ m 非制冷探测器产品的公司。

图表 39：欧美厂商技术领先，睿创微纳后来居上

参数	雷神	DRS (美国)	BAE (美国)	FLIR (美国)	SCD (以色列)	ULIS (法国)	IRay (中国)	IRay (中国)
技术路线	氧化钒	氧化钒	氧化钒	氧化钒	氧化钒	非晶硅	氧化钒	氧化钒
最小像元尺寸	12 $\mu$ m	10 $\mu$ m	12 $\mu$ m	12 $\mu$ m	17 $\mu$ m	12 $\mu$ m	12 $\mu$ m	10 $\mu$ m
最大阵列规模	1920 $\times$ 1200	1280 $\times$ 1024	1024 $\times$ 768	640 $\times$ 512	1024 $\times$ 768	640 $\times$ 480	1280 $\times$ 1024	1280 $\times$ 1024
最大帧频	30Hz	30Hz	30Hz	60Hz	60Hz	60Hz	30Hz	30Hz
灵敏度 (NETD)	<50mk	<50mk	<60mk	<40mk	<35mk	60mk/50mk	<40mk	<40mk
是否集成 ADC	是	否	是	是	否	是	是	是
推出时间	2015	2015	2017	2016	2010	2019	2018	2019

资料来源：各公司官网，光大证券研究所

## 2.4.2、睿创微纳国内领军，其余企业进步显著

我国从事红外成像探测器科研生产的单位可以分为科研院所和企业两部分。国内科研院所如上海技术物理研究所、中国电子科技集团公司第十一研究所和昆明物理研究所主要从事制冷光子型焦平面探测器技术开发，并不从事非制冷红外成像芯片技术开发。企业方面，国内从事非制冷红外技术产品研制、生产和经营的单位大部分研发能力弱，品牌影响力小，许多企业是国外产品的代理商或系统集成商，近 5 年我国非制冷红外焦平面探测器技术进步较大，拥有非制冷红外探测器自主研发生产能力的企业主要包括睿创微纳在内的 4 家企业。

**经营情况：公司及国内同行 A 侧重前端非制冷型红外探测器、机芯，国内同行 B、C 整机产品更完善。**根据对可比公司公开披露信息及官方网站信息对比分析，国内同行 A 的产品类型包括非制冷红外探测器和机芯，无非制冷产品；国内同行 B 的业务同时涵盖制冷型及非制冷型红外热成像产品，除红外热成像相关业务外还开展军品弹药业务；国内同行 C 的主要业务包括非制冷型红外探测器、机芯以及制冷型及非制冷型整机产品，除红外热成像相关业务外还开展巡检机器人业务。睿创微纳专注于非制冷型红外探测器、机芯及整机产品的研发、生产和销售。

图表 40：公司及同行 A 侧重前端产品，同行 B、C 整机产品更完善

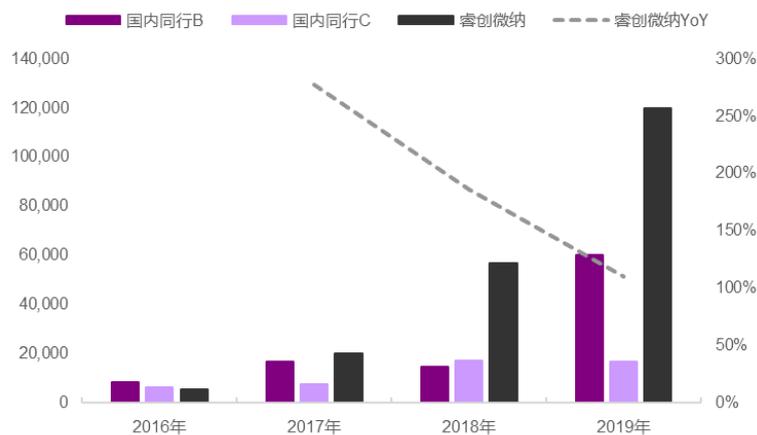
公司名称	主营业务
国内同行 A	公司产品类型包括非制冷红外探测器和机芯（无制冷型产品）
国内同行 B	公司主要业务涵盖了红外焦平面探测器（制冷及非制冷）、红外热像整机及以红外热成像为核心的综合光电系统、新型完整武器系统；自全资收购湖北汉丹机电有限公司以来，公司主要业务增加了传统非致命性弹药、信息化弹药等系列军工产品
国内同行 C	公司的主营业务涵盖非制冷红外焦平面探测器、红外热像仪及以热成像技术为核心的光电系统和巡检机器人等

睿创微纳 公司是一家专业从事非制冷红外热成像与 MEMS 传感技术开发的集成电路芯片企业，致力于专用集成电路、MEMS 传感器及红外成像产品的设计与制造技术开发

资料来源：各公司年报及官网，光大证券研究所

**市场地位：公司红外产品销量快速增长，超过可比公司销量之和。**由于国内红外成像市场较小，国内尚未有较为权威的研究机构发布市场份额数据。根据各公司年度报告披露信息，可看出相较于可比上市公司，睿创微纳红外相关产品销量近几年增长迅速，近三年同比增速均高于 110%，且自 2018 年起公司产品销量就超过国内可比公司相关产品销量之和。

**图表 41：公司红外产品销量快速增长，超过可比公司销量之和(单位：台，%)**



资料来源：各公司年报，光大证券研究所

注：其中国内同行 B 选取“红外热成像仪及综合光电系统”类别销量数据，国内同行 C 选取“红外热像仪产品”类别销量数据。

**技术实力：公司产品参数国内领先，国内同行奋起直追。**国内同行 A 的非制冷红外探测器采用氧化钒技术路线，目前其最高性能产品像元尺寸为  $17\mu\text{m}$ ，阵列规模为  $640 \times 512$ ；国内同行 B 的非制冷红外探测器早期采用非晶硅技术路线，后转为氧化钒技术路线，目前其最高性能产品像元尺寸为  $12\mu\text{m}$ ，阵列规模为  $1280 \times 1024$ ；国内同行 C 的非制冷红外探测器采用非晶硅技术路线，目前其最高性能产品像元尺寸为  $12\mu\text{m}$ 、阵列规模为  $3072 \times 2048$ 。

睿创微纳 2018 年已推出像元尺寸为  $12\mu\text{m}$ ，阵列规模为  $1280 \times 1024$  的非制冷红外焦平面探测器，2019 年发布像元尺寸为  $10\mu\text{m}$ ，阵列规模为  $1280 \times 1024$  的非制冷红外焦平面探测器。和同期国内各家厂商的产品技术水平相比，公司产品技术特点是做到了最小的像元尺寸和较大的阵列规模。

图表 42：睿创微纳技术储备丰富，产品参数国内领先

参数	国内同行 A	国内同行 B	国内同行 C	IRay (中国)	IRay (中国)
技术路线	氧化钒	氧化钒	非晶硅	氧化钒	氧化钒
最小像元尺寸	17 $\mu$ m	12 $\mu$ m	12 $\mu$ m	12 $\mu$ m	10 $\mu$ m
最大阵列规模	640 $\times$ 512	1280 $\times$ 1024	3072 $\times$ 2048	1280 $\times$ 1024	1280 $\times$ 1024
最大帧频	60Hz	—	—	30Hz	30Hz
灵敏度 (NETD)	<50mk	—	—	<40mk	<40mk
是否集成 ADC	否	—	—	是	是
推出时间	2017	2019	2019	2018	2019

资料来源：各公司官网产品信息，睿创微纳招股说明书，各公司年报，天眼查，光大证券研究所

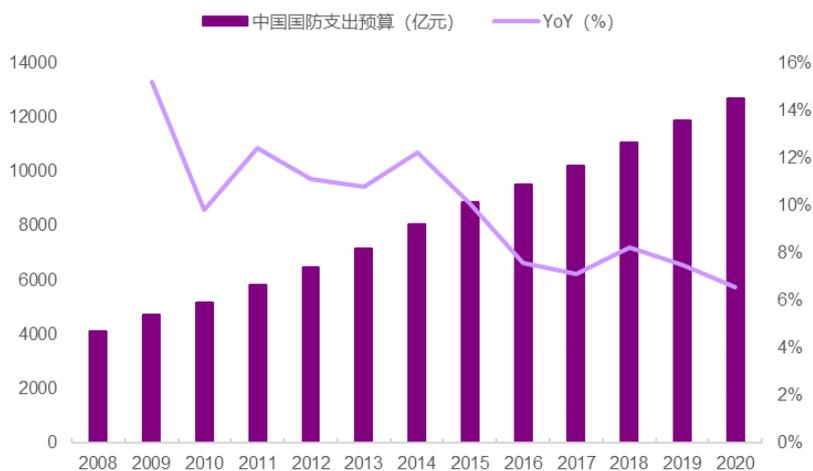
### 3、军品业务：国防装备费用增加推高军用需求，自主技术发展是国产替代的核心驱动力

#### 3.1、国防支出预算持续增加，军用红外市场空间广阔

国防支出预算增加，武器装备建设投入占据主要部分。与国际市场相比，我国的军用市场发展较晚，国民人均及军人人均数额较低，目前仍处于发展追赶阶段。近年来随着台湾问题、邻国领土争端及西方国家的军事威胁加剧，我国政府进一步加强军事领域部署。2018 年以来，我国深化国防和军队改革，全面实行改革强军、科技兴军战略，国防费投向投量的重点是优化武器装备规模结构，发展新型武器装备，2020 年我国国防支出预算达到 12680 亿元，同比增长 6.6%，武器装备市场规模进一步提升。

在军事设备方面，军队加大淘汰老旧装备力度，加速列装现代化新装备，提升了对武器装备可靠性、环境适应性等质量的要求。目前我国军队红外热像仪配备相对较少，在国家积极推进军队信息化及武器装备现代化建设的大背景下，红外热成像系统在我国军事领域的应用处于快速提升阶段，包括单兵、坦克装甲车辆、舰船、军机和红外制导武器在内的红外装备将随着装备费用投入的加大迅速完成列装，推动军用红外成像市场发展。

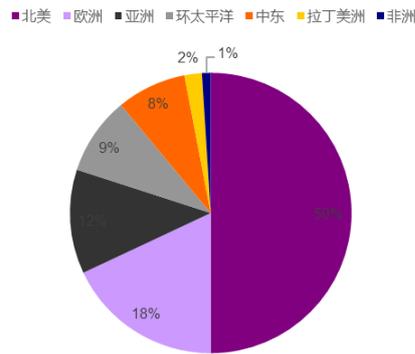
图表 43：2020 年我国国防支出预算达到 12680 亿元



资料来源：中国国防部，光大证券研究所整理

在军用市场，出于红外热成像仪的军事敏感性，军用产品往往以国家为单位实施产品和技术垄断，尤其各技术领先国对军用红外热像产品和技术高度保密，导致不同国家的红外热成像仪企业之间在军用领域一般不会产生直接的市场竞争，市场规模和需求保持稳定。目前国际军用红外热成像仪市场主要被欧美发达国家企业主导占据，因各国保持高度军事敏感性，限制或禁止向国外出口，大部分市场集中在欧美地区。根据 Maxtech International 统计，2014 年全球军用红外热成像仪系统市场中，北美占 50%，欧洲占 18%，亚洲地区目前市场份额占 12%，未来国内市场发展潜力巨大。

图表 44：2014 年军用红外热成像仪市场地区分布



资料来源：Maxtech International，光大证券研究所整理

单兵夜视瞄准系统和导弹红外制导装置是国内军用红外热成像市场的两个重要发展方向。其中单兵夜视仪属于美军已大规模普及列装装备，根据 2013 年公布的美军陆军基本战斗单位步兵连队装备清单进行计算，全连编制 131 人，各类枪支共计 159 支，配备各类夜视瞄准系统达到 192 件，其中包括：

- AN/PVS-14 微光夜视镜 40 件：最普及的单兵夜视器材，可作为单目夜视镜，亦可安装枪械上作为瞄准具，单价 5000 美元左右
- 头戴式双目微光夜视镜 22 件：双目微光夜视仪，多用于工作性岗位，如司机、医疗、炮手、工程、通讯等，单价较高，高端系列 AN/PVS-21 及四眼 GPNVG-18 单价超过 5 万美元；
- AN/PSQ-20 微光热成像融合夜视仪 69 件：属于一体化融合型夜视仪，在微光图像基础上叠加热成像的热源图像，同时具备微光还原和热成像功能，多以头盔的单目夜视镜方式佩戴，均价 1.8 万美元；
- AN/PAS-13 系列热成像仪 61 件：分辨率达到 640\*480，可进行 5-10 倍放大，重机枪、迫击炮甚至反坦克导弹等连排级武器的使用要求，主要配备给支援武器、各级指挥员和侦察员，单价 2.7 万美元。

近年来，我国在大型武器装备上逐步追赶上世界先进水平，但单兵装备稍显不足。更加先进的夜视瞄准系统是保有我国军队传统夜战优势的技术需求之一，也是近年军队装备建设改革的目标。可以看到在公开的军事新闻报道中，我国海军蛟龙突击队、空军雷神突击队已经开始在夜间、雾天等任务过程中大量使用双目、四目夜视仪，而陆军特战单位中 FSAT 式挂载夜视偷窥同样十分普及；在 2019 年国庆阅兵中，国内装甲步兵方队、特战方队均已配备单目夜视仪，标志着夜视瞄准系统大规模普及列装的开始。

**230 万人等待列装，单兵夜视瞄准市场规模最高可达 90 亿元。**目前我国军队人数在 230 万人左右，按照美军列装比例的 1/3 计算，国产夜视单价 2 万元计算，我国军队预计将人均配备夜视设备 0.4 个，总体采购规模在 184 亿元。军用夜视系统存在使用寿命限制，更换周期在 2-3 年，故整体单兵夜视市场规模预计将达到 60-90 亿元。

图表 45: 美军 GPNVG-18 地面全景夜视系统, “四目夜视仪”



资料来源: 军武次位面

图表 46: 中国空军雷神突击队夜间跳伞使用的双目、四目夜视仪



资料来源: 中国央视新闻网

随着红外成像技术的出现和发展, 导弹制导的抗干扰性和制导精度出现了大幅度提升。我国是世界上少部分具有红外成像制导导弹研发技术的国家, 而红外成像制导技术的重要组成部分就是红外成像探测器。随着各国制导导弹技术的不断发展, 智能化、抗干扰、独立锁定功能的红外成像制导系统不断进行技术改进, 装备列装比例及单颗价值量不断提升, 未来有望发展成为潜力巨大的军用红外成像细分市场。

图表 47: 美国最新一代红外成像导引系统 AIM-9X



资料来源: 维基百科

图表 48: 中国使用热成像制导技术的最新空空导弹 PL-10E



资料来源: 搜狐军事

除此之外, 红外成像探测器也广泛应用在陆地、飞行器、舰艇以及卫星的红外成像侦查系统中。国内军用红外热像仪市场正快速发展, 属于朝阳行业, 发展前景广阔。

睿创微纳作为国内军用非制冷红外热像仪设备的核心组件供应商, 同时在制冷红外高端军事装备上拥有长期布局。未来在国内军用红外成像市场的快速发展推动下, 有望进一步为军队及科研院所提供定制化的制冷、非制冷红外成像产品服务, 受益于军品红外市场的高单价及高毛利率, 未来军品业务有望实现营收利润双增长。

### 3.2、高端军品需求由技术驱动，国产非制冷凭性价比率先突围

红外热成像仪能在完全黑暗的环境下探测到物体，即使在有烟雾、粉尘的情况下也不需要可见光光源，因此可以全天候使用。红外热成像仪能够以被动的方式探测物体发出的红外辐射，比其他需要光源照射的主动成像系统更具有隐蔽性。红外热成像系统具有隐蔽性好、抗干扰性强、目标识别能力强、全天候工作等特点，经常被应用于军事侦察、监视和制导等方面，并在武器装备中得到广泛应用。

图表 49：红外成像在军事领域的用途多样

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	海湾战争多国部队均配有各类热像仪，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、瞄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，2013 年全体人均拥有 1.4 台也是瞄准系统。
飞行武器	应用	飞机夜间成像观测和多基导弹武器的红外成像制导。
	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，并向控制台中心计算机提供目标方位和俯视数据，从海面、岛屿和水平背景中讲导弹识别出来。
	实例	法国 SMS 搜索光电桅杆、美国的 TISS 热成像传感器系统、以色列 MSIS 多传感器稳定组合系统、德国的 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：公司招股说明书，光大证券研究所整理

**高端军用产品性能要求较高，技术驱动市场发展。**在导弹制导、舰载传感、机载传感以及车载传感等应用领域上，红外成像产品主要采用制冷成像技术，例如美国中程反坦克武器系统 (AAMS) 中的红外制冷成像瞄准装置、舰载、车载火力对抗及控制系统中的瞄准装置和导弹导引头，机载红外追踪成像系统 (机载吊舱) 等。这些军用产品普遍对技术及性能要求苛刻，且对军用设备来说具有不可替代性，故军方客户一般对此类产品价格敏感度较低，需求近似刚性。例如 FLIR 公司提供给各国军方的机载、舰载的 Star 光电系统系列产品常年单产品价值量在 100 万美元以上，故此类产品更多由技术优势驱动，外资头部厂商产品在市场上没有相关替代品，议价能力突出，目前国内厂商仅能小部分供应步兵瞄具、导引头和机载吊舱相应红外成像产品，技术差距与国外较大。

图表 50: Sniper AT 瞄准吊舱 (配备中波 640p 红外探测器、数字图像增强系统)



资料来源: 洛克希德马丁官网

图表 51: 响尾蛇空空导弹采用的 AIM-9X 制冷红外导引头



资料来源: 维基百科

**非制冷突破技术垄断，国产替代正在进行时。**非制冷红外焦平面阵列探测器是从 20 世纪 80 年代开始，在美国军方的支持下发展起来的。相比制冷型探测产品，非制冷型产品价格低廉，使用寿命长，携带、装配方便，广泛应用在单兵夜视瞄准系统以及部分导弹分散导引头中。与制冷型瞄具产品动辄上百万的售价不同，在夜视仪以及分散导引头中，大部分非制冷红外成像产品售价在 1 万美元以下，市场需求量大。但另一方面，非制冷红外的成本受到分辨率（像元）尺寸、良率以及封装技术的影响，厂商更多围绕性价比进行比拼，价格竞争激烈。

由于非制冷焦平面探测器在军事方面的诸多应用，美国对中国一直实行严格的禁运措施。美国厂商在中国大陆仅出售热成像仪整机，或者在分辨率、帧频等方面有限制条件的机芯组件。法国的探测器可以对中国出口，但实施最终用户许可制度，并且在高端产品严格限制。国内过去主要在高校等研究机构进行一些材料、传感器和读出电路技术相关研究，但一直未能实现国产化批量供货。

自 2006 年起，以睿创微纳为代表的一批企业掌握了红外成像装备核心关键部件——非制冷红外探测器芯片的研发及生产，从而成功实现了红外热成像核心部件的国产替代，目前已经实现了 12 $\mu\text{m}$  像元尺寸芯片的量产技术，突破了欧美发达国家对非制冷技术的垄断及产品禁运，进一步推动国内以非制冷产品为首的军用红外市场的持续快速增长。

### 3.3、睿创微纳：坚持科技先导，布局太赫兹产品，打开高端军用市场

**军品订单景气延续，增长确定性高。**公司军用业务主要为军方及各大科研院所定制化提供红外探测芯片及机芯产品。军用产品具有保密性高、研制流程长、定制需求多、单价高等特点，公司自 2013 年起，参与了多个军品项目研制，自 2015 年起部分军品实现定型并陆续取得订单，从而使 2016 年以来的军品销售收入持续快速增长。军品订单在产品定型后通常具有一定延续性，公司作为非制冷红外瞄准组件国内核心供应商，2019 年军用产品营业收入占整体比重在 1/3 左右，毛利率稳定保持在 70%。

**图表 52：无人机搭载红外光电载荷能够大幅度提升排查侦查效率**



资料来源：普宙飞盟

**图表 53：非制冷红外成像探测器近年逐渐在单兵夜视及热武器瞄具中列装**



资料来源：央视新闻网

**创设睿创研究院，攻关高端军品技术。**睿创微纳 2019 年上市后，使用募集资金 8000 万元建立睿创研究院，进行太赫兹芯片及室温成像技术研发、下一代红外芯片及智能红外模组和高端光学 MEMS 芯片三大类方向科学技术攻关，购置步进光刻机、刻蚀设备、太赫兹测试系统、双面对准光刻机、深硅蚀刻机、薄膜沉积设备等生产、科研设备共 11 台(套)，其中：

- **下一代红外芯片主要应用于高端军用和低成本消费电子两个方向。**智能红外模组包括主要应用于军用装备以及消费电子等领域，也可以应用于热武器瞄具、无人机载荷及近程轻武器制导等军用领域。其中无人机光电载荷以及近程制导对非制冷红外芯片的成像质量、空间分辨率、处理性能提出了更高的要求，睿创微纳作为国内领先的非制冷红外芯片声场厂商，将依靠技术优势在轻型军用红外成像设备市场中占据更多份额。
- **高端光学 MEMS 芯片主要应用于武器装备、食品检测、安防监控、智能家居、大气监测等领域。**研究院基于红外光学 MEMS 基础，研究微光学 MEMS 芯片，有利于在高端光学 MEMS 芯片领域破局，同时结合封装技术降低全系列成本，形成规模效应提升毛利率。MEMS 以及 ASIC 工艺能够有效降低红外探测器模组的尺寸、重量，更加有利于使用在单兵夜视系统、无人机以及近程制导导弹中。
- **非制冷太赫兹芯片技术是公司芯片发展的技术基础，更是国防装备的核心芯片及元器件国产化的战略需求。**2013 年，公司研制出中规模非制冷太赫兹焦平面探测器并进行了实时成像试验，器件阵列规模  $384 \times 288$ ，噪声等效功率(NEP)优于 80pW。2017 年，公司研制出 17 微米  $640 \times 512$  非制冷太赫兹焦平面阵列芯片及器件，噪声等效功率(NEP)优于 80pW，工作频段 2~10THz。

太赫兹波具有高透射性、低能量性与指纹光谱特性等优点，在高分辨率反隐身成像雷达、导弹制导、战场生化武器成像探测、航天飞机缺陷检查等军用领域具有广泛的应用前景。太赫兹是电磁波谱最后的处女地，发展太赫兹技术有望为我国在红外成像领域取得装备技术领先优势。

图表 54：睿创微纳军用红外领域在研项目一览（截至 2020 年半年报发布）

序号	项目名称	项目进展	研发目标	项目应用场景
1	10 $\mu$ m 非制冷红外成像芯片技术研发	结题	实现 10 $\mu$ m 像元、大规模面阵非制冷红外焦平面芯片的批量化生产	针对高端大视场红外成像与测温领域而开发，比如关键场所高清安防监控、红外遥感、机载红外吊舱、森林防火、车载辅助驾驶等。
2	HD 高清非制冷红外成像机芯组件研发	结题	研制一款高清晰度、高分辨率非制冷红外机芯组件，并实现工程化量产。	吊舱，整机成像类产品，边海防观瞄等。
3	某非制冷红外焦平面组件	结题	解决小像元、超大面阵以及图像处理功能的片上集成化技术瓶颈，研制集成式小像元非制冷红外焦平面组件产品。	要地监控，周界防范，远距离观瞄，船舶观测等。
4	太赫兹 xxx 探测阵列成像技术	结题	解决太赫兹宽频带室温探测技术瓶颈，研制出产品。	太赫兹波具有高透射性、低能量性与指纹光谱特性等优点，在高分辨率反隐身成像雷达、导弹制导、战场生化武器成像探测、航天飞机缺陷检查等军用领域具有广泛的应用前景。
5	下一代非制冷红外芯片及探测器成像系列产品研制	EVT 初样	研制开发下一代高性能芯片及探测器系列产品，实现大批量生产。	主要针对红外成像与测温应用领域，例如关键场所高清安防监控（如机场、港口）、消防、红外遥感、车辆夜视辅助驾驶系统、及 IOT 市场等。
6	人工智能型国产化热成像机芯及组件系列产品	EVT 初样	使用国产 AI 平台，完成基于 AI 的非制冷红外机芯组件国产化开发应用	瞄具，车载，吊舱，手持等方向的产品应用。
7	红外热成像驾驶辅助系统（ADAS）系列研制	DVT 正样	实现红外和可见光双光融合等技术融合开发，实现收集数据，进行目标静、动态的准确探测、识别定位可疑车辆和人员，极大提升车辆障碍探测、防护和机动能力。	通过图像某处理技术提供多光谱超广角视野，能够快速准确探测、识别定位可疑车辆和人员，极大提升车辆障碍探测、防护和机动能力。
8	高端制冷热成像系列产品研制	EVT 初样	实现高端制冷产品系列化开发研制，涵盖中型/小型等多种形态，实现工程化量产。	用于飞机/无人机吊舱、制冷手持设备、工业测温等。

资料来源：公司半年度报告，光大证券研究所整理

公司作为国内领先的非制冷红外探测器供应商，凭借多年的技术积累和产品性能优势，满足了军品装备对大面阵、小像元的高性能非制冷红外探测器的需求。同时，公司以常温太赫兹成像技术为发展研究核心，持续不断的进行研发投入，发挥公司非制冷集成设计、轻量化、高分辨率、产品性价比高特点，在稳固中低端瞄准成像产品基本盘的同时，提高国产红外成像技术优势，开拓高端军用市场，从而驱动公司军品业务稳健成长。

## 4、民品业务：成本驱动民用市场，多样化应用场景推动公司产能扩张

### 4.1、非制冷产品成本不断下降，新型应用不断涌现

民用红外市场的快速增长主要受益于非制冷技术带来的成本下降。红外技术早期因为价格昂贵，最早应用于军事领域。随着红外成像技术的逐渐发展，非制冷探测器芯片的像元尺寸的逐步缩小、量产化封装模式逐渐形成，使得非制冷芯片的成本不断下降，为价格敏感的普通消费者接受。由于红外热成像仪产品应用领域广泛，且能为人们生产生活提供极大的便利性，未来对红外热成像仪的市场需求将会保持持续稳定增长的态势

随着非制冷红外热成像产品在电力、建筑、执法、消防、车载等民用行业场景的不断普及，国际民用红外行业市场需求快速增长。根据 Maxtech International 及 Yole 预计，受到安防、户外热成像仪等产品需求的快速增长影响，2023 年全球民用红外市场规模总计将达到 74.65 亿美元。其中非制冷民用红外产品 2018 年销量约为 140 万台，规模为 29.48 亿美元，预计 2024 年销量将达到 350 万台，销售额为 44.24 亿美元，销量复合增速为 15.8%，市场规模复合增速达到 7.0%。

图表 55：2017-2023 年全球民用红外市场规模预测（单位：亿美元）



资料来源：Maxtech International，光大证券研究所整理

图表 56：2018-2024 年全球非制冷民用红外市场规模复合增速为 7.0%（单位：亿美元，%）



资料来源：Yole，光大证券研究所整理

热成像仪、微测辐射热计产品应用最广，FLIR、ULIS 份额领先。2016 年以来，随着商业应用逐渐兴起。热成像、监控、个人视觉系统（PVS）和安防市场等非制冷细分场景纷纷涌现。汽车夜视、监控应用等热成像产品层出不穷，大部分热成像产品的价格已经跌破 1000 美元；与此同时，随着晶圆级封装技术的发展，微测热辐射仪产品成本开始下降，销量逐渐走高，广泛应用于自动驾驶，红外视觉设备等领域；除此之外，消防、个人户外、海事、无人机、机器人、智能建筑、智能家居狩猎等其它商业应用市场也正在不断增长。

非制冷红外成像市场仍然由少数几家厂商掌控，从出货量来看，FLIR 和 ULIS 两家占据了超过 75% 的市场份额，两家厂商将非制冷红外成像技术针对各种不同的应用引入广泛的产品中，使非制冷红外成像技术获得更广泛的

应用，赢得更大的市场。在 FLIR 和 ULIS 之外，许多其它厂商也从新应用场景的不断涌现中收获颇丰，例如：

- SEEK Thermal 推出了其高性能 Reveal PRO 和 Compact PRO 产品，正从消费类产品向高端产品市场进军；2017 年，SEEK Thermal 的出货量超过了 10 万，占据了微测辐射热计 12% 的市场份额，近与 ULIS 持平，仅次于 FLIR。Teledyne Dalsa 也在 2017 年推出了其首款氧化钒微测辐射热计；
- 睿创微纳，高德红外等国内厂商逐渐开发它们自己的微测辐射热计。尽管目前产量还不大，但中国本土市场的潜力巨大；
- 博世（Bosch）等在 MEMS 和红外业务领域有较长历史的厂商，正在转型改变策略，转型智能家居、消防等领域；

图表 57：2018 年以来新发布的各类非制冷红外产品



资料来源：Yole, 《Uncooled Infrared Imagers and Detectors 2019》

各大公司跨行业进军红外成像市场，新应用发展——出货量提升形成良性循环。消费电子、工业制造、互联网企业纷纷在红外成像领域开始布局。LG Innotek 宣布拓展其热成像红外模组业务，Amazon 于 2018 年推出了 9 家无人收银商店，店内采用了包括红外传感器在内的数百颗摄像头。预计到 2021 年亚马逊将开设 3000 家这样的无人收银商店；卡特彼勒（Caterpillar）推出了功能更强大的 CAT S61，两年内，CAT S60 的出货量已经超过了 50 万台。红外新应用带来了更大的红外探测器出货量，出货量的提升吸引更多企业入局，从而推动了新应用发展，使非制冷红外市场进入良性循环。

## 4.2、民用场景百花齐放，厂商深度受益国内市场

非制冷红外技术在汽车夜间辅助驾驶、安防监控、个人视觉、疾病防控、消防、工业测温等领域应用广泛。在民用领域，红外热成像仪行业已充分实现市场化竞争，成为民用领域的重要消费市场。在国际上，红外产品应用到汽车、安防、工业测温等多个领域；而在国内市场，红外成像产品在电力巡检、疾病防控、安防监控等领域已初步应用验证，随着非制冷红外焦平面探测器的成功国产化，不久的将来，国内民用市场必将迎来一个快速发展期。

图表 58：红外成像在民用领域应用广泛

应用领域	主要用途
安防监控	广泛应用于商场、社区、银行、仓库等安全敏感区域的视频安全监控，尤其是夜间防范
个人消费	普遍应用于户外探险、野外科考等活动，目前有部分厂商开发出手机外插件式成像仪，可用于日常测温、个人娱乐等
辅助驾驶	安装于车、船等交通工具上，通过显示红外热像，为驾驶员提供前方路况的辅助观测信息，进而规避雾霾、烟尘、暴雨等道路交通安全隐患。车载热成像仪未来将是非常巨大的民用市场
消防及警用	在地震、火灾、交通事故、飞机事故、海难等各种事故中用于搜索救援，警务人员可在夜间或隐蔽的条件下实施搜索、观察或追踪等
工业监测	几乎可用于所有工业制造过程控制，尤其是烟雾环节下生产过程的监控、温控，有效保证产品质量和生产流程
电力监测	用于观测机械及电气设备的运作状态，将设备故障以温度图像的形式表现出来，可以在设备高温损毁前找到危险源，提前进行检修，从而提高设备生产能力、降低维修成本、缩短停工检修时间
医疗检疫	通过观测受病体或病变组织的温度差异情况，在群体中区分病体进行检查，在 2003 年的 SARS 疫情及之后的禽流感、甲型 H1N1 流感疫情防控中，红外热成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

资料来源：公司招股说明书，光大证券研究所整理

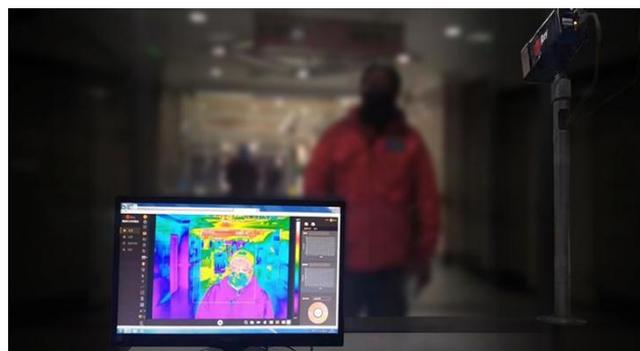
由于红外热成像仪产品应用领域广泛，且能为人们生产生活提供极大的便利性，非制冷产品有能够以比较低廉的价格为用户提供红外成像服务，未来对红外热成像仪的民用市场需求将会保持持续稳定增长的态势。除了传统行业外，更多新兴的应用场景将成为红外成像市场崭新驱动力。

图表 59：红外探测应用场景之工业测温



资料来源：子公司艾睿光电官网

图表 60：红外探测应用场景之医疗检疫



资料来源：子公司艾睿光电官网

红外测温的应用场景包括个人医疗、检疫、电力巡检、机器视觉、冶金制造等。红外测温场景主要使用产品为热成像仪，这也是非制冷红外市场的传统增长点之一。通过测温热像仪，可以做到远距离实时监测温度，并通过 CMOS 算法进行可视化，被大规模应用在输配电路的检修、储油冶金设备的维护、电子元件的制造优化以及建筑暖通的不良检测中。

随着 MEMS 以及 ASIC 技术在非制冷红外芯片上的发展，红外测温设备变得更加便携，成本更加低廉。根据工信部下属电子产业发展研究院（赛迪集团）在 2020 年发布的报告显示，受到新冠病毒肺炎疫情影响，国内红外体温检测仪产能得到空前释放，其中手持红外测温仪 2019 年产量 30 万台，2020 年预期将超过 65 万台，全自动实时监控测温系统销量也显著增长。睿创微纳子公司艾睿光电作为工信部门新冠病毒疫情防控重点物资生产企业，基于 12 微米芯片推出一批快速人体监测机芯以及手持热成像仪设备，在智能测温防疫头盔领域得到批量应用。

图表 61：红外探测应用场景之汽车辅助驾驶



资料来源：睿创微纳官网

图表 62：红外探测应用场景之安防监控（热成像双目海螺半球）

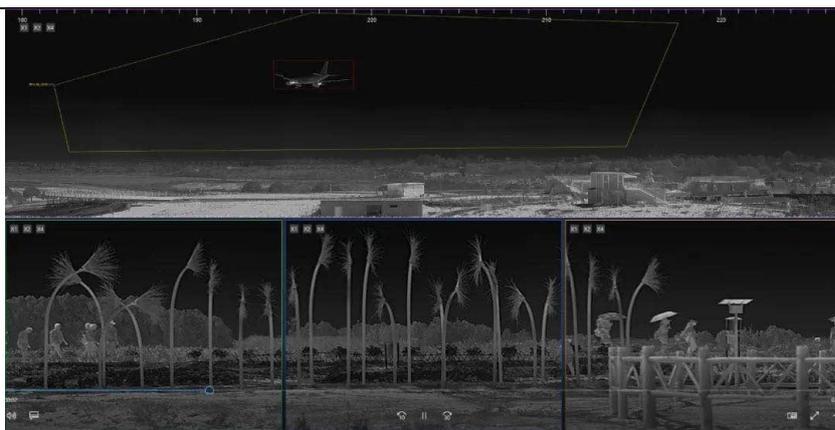


资料来源：艾瑞光电官网

在夜视成像和物联传感领域，汽车辅助驾驶应用前景广阔。高级驾驶辅助系统（ADAS，Advanced Driving Assistant System）是利用车上各类传感器收集环境数据，让驾驶者察觉到危险天安全性的主动安全技术。其中夜视系统可以通过高分辨率的 VGA 面阵形成红外成像模组，在视线不明的情况或者夜间场景通过温度可视化，强化目标识别，避免极端天气以及眩光干扰等风险。在非城镇地区路段保障驾驶者行车安全。

安防监控领域下游场景不断拓展。在居民安防监控应用之外，通过红外成像进行各类安防、消防、边防的下游场景正在不断涌现。在城市以及森林火灾的积热阶段，依靠长波穿透性强的特点，能够快速发现定位起火点，并且对二次火源及早发现并抑制；在边防周界地区，双光手持融合热像仪能够在白天黑夜提供同样的清晰视界，准确发现遮蔽物后的非法入侵者。在烟雾、暴雨、沙尘等极端气候下，头戴式热成像设备能够帮助执法、搜救人员准确判断环境情况，协助进行执法搜救活动。

图表 63：红外全景雷达在广域监控场景下的目标识别跟踪（客机、人）



资料来源：艾睿光电官网

非制冷产品成本竞争带来规模效应，国内厂商立足本土需求后发制人。与国外相比，非制冷红外成像技术在国内研究起步较晚。核心元器件技术的缺失，欧美等发达国家的禁运，致使国内的红外技术应用，尤其是对价

格比较敏感的民用市场，成本竞争导致一流厂商凭借生产技术积累及优化形成规模效应，FLIR、ULIS、Seek 等头部公司 2018 年占据超过 80% 的民用市场份额。

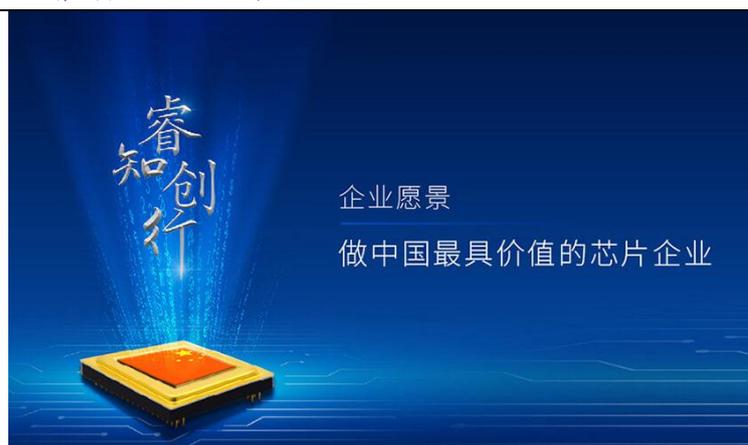
目前，国内从事非制冷红外焦平面技术研发且具有生产能力的有**高德红外、大立科技、北方广微和睿创微纳**。随着我国经济结构调整与经济持续增长，同时红外产品价格下降，性价比提升，我国民用红外热成像仪将更多的应用于汽车辅助驾驶、个人消费电子及物联网等新兴领域，市场规模在不断扩大，需求空间广阔。

以睿创、高德为首的非制冷红外芯片自主研发公司形成了核心技术全国产化的芯片——整机研发制造全产业链，芯片各项技术指标逐渐追赶上国际领先水平，同时凭借对国内用户需求的深度理解，在工业监测、居民安防和个人检疫等领域推出了广受喜爱、性价比高的整机产品。未来有望立足于快速发展的国内市场，逐渐追赶上国际先进厂商的步伐。

### 4.3、睿创微纳：全产业链加速产能扩张，研发奠定民品业务发展基础

**研发驱动公司发展，深耕全产业链布局。**睿创微纳属于研发驱动型公司，专注于非制冷红外成像领域，通过不懈发展填补了我国在非制冷红外领域高精度芯片研发、生产、封装、应用等方面的一系列空白，成为国内为数不多的具备探测器自主研发能力并实现量产的公司之一。公司已掌握集成电路设计、MEMS 传感器设计及制造、封装测试、机芯图像算法开发、系统集成等非制冷红外成像全产业链核心技术及生产工艺，深耕非制冷红外领域，坚持从芯片、探测器、机芯模组到热像仪整机的全产业链布局，重点依托公司业内领先的量产经验，致力于红外成像为代表的光电产业生态链的建设和整合，以持续的技术进步推动和引领自主红外热成像技术的发展，力争成为中国最具价值的红外芯片企业。

图表 64：睿创微纳企业愿景



资料来源：睿创微纳官网

上市以来，公司基于自有研发平台，加大研发投入力度，继续保持红外芯片、探测器、机芯模组到热成像整机的全产业链建设态势：

- **研发技术平台建设：**搭建基于非制冷红外热图的 AI 检测算法开发平台，实现目标行为检测、特征识别、温度筛查等算法开发；优化红外测温应用算法设计与仿真、底层软件设计实现与测试验证开发平台，实现 1500°C 红外测温技术开发；扩建多传感器融合+AI 边缘算平台，为整机产品持续提供 AI 智能检测与分析技术支持；
- **芯片降成本，扩场景：**研发了超高灵敏度 12μm 系列金属和陶瓷封装非制冷红外焦平面探测器，面阵规模包括 1280×1024 和 640×512，性能指标提升了 30%-40%，为对性能有极高要求的应用场景提供了高性价比的方案；全球第二家对外发布 10μm 非制冷探测器产品；
- **非制冷机芯继续扩场景，制冷机芯进入测试阶段：**Microlll 系列 12μm 微型人体测温型机芯和工业测温型机芯产品全系实现批量供货；面向森林防火、城市安全、边海防监控的 FTII 系列 12μm 广域成像探测与异常报警型机芯实现量产；中波制冷型 FX 系列红外机芯产品实现批量供货，全国产化制冷机芯 FX640G 和非制冷 LGC 系列机芯进入设计验证测试阶段。
- **人体测温产品迅速扩量，安防、汽车、户外场景结合 AI 不断创新：**疫情开始以来，公司已经实现 HTS、ATS 两个系列单红外中通量快速体温筛查系统、DTS 和 ITSII 两个双光大通量快速体温筛查系统及 C200H 系列手持式红外热成像体温检测仪等 6 个系列产品的批量供货。

2020 年上半年公司发布 AT1280 首款 130 万像素高清红外测温系统，配备红外 AI 智能分析软件，满足高通量大范围人群体温检测应用需求；户外运动细分市场完成全线产品 12μm 探测器升级，发布手机热像仪二代，进一步推进热成像技术消费化；全新 Asens 系列车载红外摄像头上市，全面满足从低速无人车到 L4 级别自动驾驶的安全需求。

**图表 65：睿创微纳 2020 年发布 130 万像素高清红外测温仪 AT1280**



资料来源：睿创微纳官网

**全产业链需求高速增长，从晶圆代工到生产平台全产业链产能扩张。**2019 年公司上市以来，民用非制冷产品性能优异，性价比高，从芯片探测器到机芯及整机需求量大幅度增加，其中探测器及整机产品产能已经接近瓶

颈。考虑到自主芯片产能不足、终端机芯、整机产品产能距离国际头部厂商具有不小的差距，公司利用募集及自有资金，从晶圆代工打通到芯片、整机产品制造，长期布局将整条产业链产能实现全面大幅度扩张：

1. **合作晶圆代工厂扩产芯片生产：**公司与晶圆代工厂共建的 8 英寸 MEMS 晶圆生产线已投入量产，产能达到每月 1500 片晶圆，年产能各类芯片最高可达 360 万颗。
2. **探测器产品扩大应用场景：**为了摆脱国外对非制冷红外探测产品的高端技术封锁，实现更进一步的非制冷芯片技术改造，睿创微纳投入募集资金 2.5 亿元，建设 1 栋 2 层研发生产楼，购置全自动探针台、测试机、等离子去胶机、自动光检设备、全自动芯片分选机、吸气剂镀膜机、晶圆键合机、全自动划片机等生产、科研设备共 39 台。项目达产后，预计将形成从高端（130 万像素）到低成本（4 万像素）全系列晶圆级封装形式的红外探测产品覆盖民用市场的各个领域，突破国际红外成像技术封锁，提升我国红外成像产业地位。

**图表 66：睿创微纳非制冷红外探测产品扩建后将形成 4 个系列合计 36 万只年产能**

系列	阵列规模	像元尺寸	封装形式	目标市场
高端	1280×1024	12μm	晶圆级	边境监控
中高端	640×512	12μm	晶圆级	安防、监控、汽车辅助、无人机
中低端	384×288	12μm	晶圆级	
低成本	256×192	12μm	晶圆级	智能家居、智能交通

资料来源：睿创微纳招股说明书，光大证券研究所整理

3. **加快自主生产平台建设，封装、机芯模组、整机产能大幅度扩张：**公司以探测器生产平台为核心加速自动化设备导入，金属封装和陶瓷封装探测器产能达到 50 万只/年，新建晶圆级封装探测器产线产能达到 100 万只/年；在完成一期晶圆级模组产品线建设后，机芯模组产能将达到 50 万只/年；户外观瞄监控产品和测温产品等整机产品产能将提升到 20 万只/年。公司自主开发的 MES 系统全面上线使用，实现产品可追溯性以及数据透明化，极大提升了生产管理水平。

**图表 67：睿创微纳各类产品产能及规划情况汇总（单位：只）**

产品	2016	2017	2018	2019	2022E	扩产计划
探测器	11,500	44,500	80,000	160,000	550,000	1,500,000
机芯模组	1,500	4,500	35,000	95,000	220,000	500,000
整机产品		2,000	20,000	40,000	160,000	200,000+

资料来源：睿创微纳招股说明书、定期报告；注：2022 年情况为依据公司募投项目及年报公布情况预测，扩产计划情况为公司在 2020 半年度报告中公布，整机产品仅为户外、人体测温产品情况预测；为方便进行产能直观对比，上表中探测器的产能及产量数据包括用于直接销售以及用于生产机芯和整机的探测器数据，机芯数据包含用于生产整机产品数据。

**公司未来将以军用产品为依托，向民用产品方向扩展。**公司紧紧围绕国家自主创新、科技创新的发展战略，继续加大探测器产品研发、平台建设和技术开发的科研投入，开发 12μm 及以下小像元全系列陶瓷封装和晶圆级封

装探测器，并实现量产；公司将不断持续深耕非制冷红外自主生态产业链建设，基于 12 $\mu\text{m}$  探测器节点技术优势，加大机芯模组、整机产品的研发投入，开拓并深入挖掘各细分市场，开发满足军民市场需求的系列产品。

睿创微纳作为国内少数几家具有非制冷红外生产技术的非科研机构，将以红外核心组件产品为基础提升终端产品的升级，拉伸红外成像终端产品链，促进汽车辅助驾驶、可穿戴装置、消防防火、电力监测、工业监测及医疗救援等应用方向的发展，并依靠前期的技术积累、人才储备和品牌效应等先发优势，取得更大的市场份额，最终成为围绕红外探测芯片技术为基础的、覆盖军民各行业下游市场的、国内领先的整体红外探测解决方案提供商。

## 5、盈利预测与估值

### 5.1、关键假设及盈利预测

睿创微纳是国内领先的、专业从事非制冷红外成像与 MEMS 传感技术开发的国家高新技术企业，致力于专用集成电路、MEMS 传感器及红外成像产品的设计与制造，产品技术水平世界领先。公司核心产品为基于 MEMS 技术的非制冷红外热成像芯片，在此基础上为军民市场提供红外成像探测器、机芯以及整机产品。

公司以“跻身国际第一梯队，打造世界级红外探测器”为品牌目标，坚持科技先导，技术优先。在非制冷热成像的核心技术基础上，围绕国防建设和民品市场，在小间距、小像元、晶圆封装等研发技术和机芯及整机产品生产技术上不断加大投入，持续深耕非制冷红外自主生态产业链建设，实现军品配套和竞标领域等新市场的突破。受益于日益发展的检疫、消防、工业等民用需求以及国防预算的快速增加，公司未来营业收入及利润有望实现高速增长。

**1、红外成像探测器：**非制冷红外探测器为公司的核心产品，由自研 MEMS 红外成像芯片进行封装后制成，机芯及整机产品均需要使用探测器进行后续组装，2019 年该部分业务收入占总营收的 36.18%。公司立足于晶圆级封装以及 12 微米小像元技术，不断加大技术研发，并快速实现配套量产。

为了满足下游民用安防、检疫市场以及军品市场快速增长的需求，公司投入上市募集资金 2.5 亿元进行探测器产能扩充，预计到 2022 年将新增全系列探测器芯片年产能 36 万台，总产能达到 55 万台，分项拆分后，预计 2022 年探测器分项产能将达到 32.5 万台（不含自制成为整机及机芯产品的探测器），复合增长率达到 45%，单价维持稳定。我们预计公司红外成像探测器分项 2020-2022 年将取得营业收入 4.52/6.72/8.51 亿元，毛利率为 56.50%/52.00%/51.00%。

**2、红外探测器机芯：**机芯由红外探测器及带有公司自主算法的图像处理电路组成，在图像处理后将目标物体温度分布图转化为视频图像。公司机芯主要向科研院所以及军用市场供货，定制化程度较高，毛利率较高。受到下游客户需求波动影响，年产销率波动较大，2019 年业务收入占比为 13%。“十四五”对全面建成世界一流军队做出规划指引，我国国防预算开始稳步增长，装备采购费用逐渐上升，作为制导系统核心组件的红外机芯销量有望实现稳步增长，我们预计 2020-2022 年机芯业务收入将为 2.42/4.00/5.40 亿元，对应毛利率为 65.00%/62.50%/61.50%。

**3、红外探测器整机：**红外探测整机由机芯与结构件进行组装形成，近年来受益于下游工业检测以及安防检疫民用需求快速增长，整机产品出货量高速增长，2019 年业务营收达到 3.29 亿元，同比增长 192%，占总体营收比例的 48%。随着红外探测器成本和售价的不断降低，电力、消防、卫生等各个领域不断涌现红外探测需求，推动整机产品销量高速增长。我们预计 2020-2022 年整机业务收入将达到 6.16/10.00/15.53 亿元，毛利率为 46.00%/44.00%/43.00%。

图表 68：睿创微纳业务拆分预测（单位：百万元）

	2018A	2019A	2020E	2021E	2022E
<b>一、红外成像探测器</b>					
收入	159.02	247.72	452.25	672.00	850.50
YOY	97.70%	55.77%	82.57%	48.59%	26.56%
毛利	108.31	145.11	255.52	349.44	433.76
毛利率	68.11%	58.58%	56.50%	52.00%	51.00%
业务收入比例	41.40%	36.18%	34.00%	32.09%	28.66%
<b>二、红外探测器机芯</b>					
收入	107.92	88.27	242.00	400.00	540.00
YOY	89.16%	-18.21%	174.17%	65.29%	35.00%
毛利	83.58	58.58	157.30	250.00	332.10
毛利率	77.45%	66.37%	65.00%	62.50%	61.50%
业务收入比例	28.10%	12.89%	18.19%	19.10%	18.19%
<b>三、红外探测器整机</b>					
收入	112.71	329.36	616.00	1000.00	1552.50
YOY	868.27%	192.23%	87.03%	62.34%	55.25%
毛利	37.10	131.72	283.36	440.00	667.58
毛利率	32.92%	39.99%	46.00%	44.00%	43.00%
业务收入比例	29.34%	48.11%	46.31%	47.76%	52.31%
<b>四、其他配件业务</b>					
收入	4.46	19.32	20.00	22.00	25.00
YOY	-32.39%	333.21%	3.53%	10.00%	13.64%
毛利	1.75	9.76	10.40	11.88	13.75
毛利率	39.25%	50.53%	52.00%	54.00%	55.00%
业务收入比例	1.16%	2.82%	1.50%	1.05%	0.84%
<b>综合</b>					
综合收入	384.10	684.66	1330.25	2094.00	2968.00
YOY	146.66%	78.25%	94.29%	57.41%	41.74%
综合毛利	230.75	345.17	706.58	1051.32	1447.18
综合毛利率	60.07%	50.42%	53.12%	50.21%	48.76%
净利润	125.17	202.10	470.43	675.65	905.50
净利率	32.59%	29.52%	35.36%	32.27%	30.51%

资料来源：Wind、光大证券研究所预测

**盈利预测。**我们预计睿创微纳 2020-2022 年营业收入分别为 13.30/20.94/29.68 亿元，对应同比增速为 94.29%/57.41%/47.14%；睿创微纳 2020-2022 年综合毛利率分别为 53.12%/50.21%/48.76%；我们预计公司 20-22 年归母净利润为 4.70/6.76/9.06 亿元，同比增速为 132.81%/43.64%/34.05%，对应 EPS 分别为 1.06/1.52/2.04 元。

图表 69：睿创微纳盈利预测与估值简表

指标	2018	2019	2020E	2021E	2022E
营业收入（百万元）	384.10	684.66	1,330.25	2,094.00	2,968.00
营业收入增长率	146.66%	78.25%	94.29%	57.41%	41.74%
净利润（百万元）	125.17	202.07	470.43	675.72	905.80
净利润增长率	94.51%	61.44%	132.81%	43.64%	34.05%
EPS（元）	0.33	0.45	1.06	1.52	2.04
ROE（归属母公司）（摊薄）	12.44%	8.63%	16.85%	19.70%	21.09%
P/E	243	174	75	52	39

资料来源：Wind、光大证券研究所预测 注：股价时间为 2020 年 7 月 30 日

## 5.2、估值比较和投资评级

### 5.2.1、相对估值-可比公司估值比较

睿创微纳的主要产品为非制冷红外产品，我们选取同为非制冷焦平面热成像产品制造企业的大立科技、红外热成像产品为主的综合光电系统的高德红外以及生产红外测距产品的久之洋作为可比公司。行业平均 PE 估值水平为 66.8x、54.7x、44.9x，睿创微纳 PE 估值水平为 74.4x、51.9x、38.8x，显著低于行业平均水平，具有较高安全边际。

红外热成像行业机密性较强、准入门槛较高的、定制化程度较高，行业内竞争厂商较少，各公司之间差异性较大。睿创微纳受益于军用市场国产化以及民用市场需求的快速增长，立足核心芯片技术，未来将取得较高盈利增速，我们预计未来三年内公司利润复合增长率为 38.84%，远高于行业平均的 24.70% 增速，成长性较强；对应 PEG 为 1.52，亦优于红外成像行业内的可比公司平均值 2.79，具有估值优势。

图表 70：可比公司市盈率 PE 水平

公司名称	收盘价（元）		EPS（元）				PE（X）				CAGR 20-22	PEG -2020	市值 （亿元）
	2020/7/30	19A	20E	21E	22E	19A	20E	21E	22E				
高德红外	39.48	0.24	0.43	0.53	0.64	164.5	91.6	75.0	61.5	22.05%	4.16	628.46	
大立科技	28.55	0.30	0.72	0.76	1.01	95.2	39.5	37.7	28.2	18.41%	2.15	130.95	
久之洋	32.25	0.35	0.47	0.63	N/A	92.1	69.2	51.6	N/A	33.65%	2.06	58.05	
						117.3	66.8	54.7	44.9	24.70%	2.79		
睿创微纳	78.84	0.45	1.06	1.52	2.04	175.2	74.4	51.9	38.8	38.84%	1.52	350.84	

资料来源：Wind、光大证券研究所预测 注：股价时间为 2020 年 7 月 30 日；可比公司盈利预测为 Wind 市场一致预期，睿创微纳数据为光大证券研究所预测

### 5.2.2、绝对估值

1、长期增长率：睿创微纳是国内非制冷红外成像产品研发制造的龙头企业，行业发展与国防军事、安防检疫以及工业安全等行业息息相关，长期来看将保持较快发展，给予 3% 的长期增长率。

2、β 值选取：采用申万二级行业分类-电子制造的行业 β 作为公司无杠杆 β 的近似值；

3、税率：子公司艾睿光电、无锡奥夫特为国家高新技术企业，作为集成电路设计行业可按照法定税率 25% 进行减半缴纳，参考过往税率以及政府补贴情况，给予 10.5% 实际税率预测。

关键性假设	数值
第二阶段年数	8
长期增长率	3.00%
无风险利率 Rf	3.17%
$\beta$ (levered)	0.67
Rm-Rf	4.33%
Ke(levered)	6.08%
税率	10.50%
Kd	3.89%
Ve	19213.74
Vd	51.44
目标资本结构	0.27%
WACC	6.07%

资料来源：光大证券研究所预测

FCFF 估值	现金流折现值 (百万元)	价值百分比
第一阶段	1621.60	3.84%
第二阶段	7212.43	17.09%
第三阶段 (终值)	33358.59	79.06%
企业价值 AEV	42192.62	100.00%
加：非经营性净资产价值	1439.26	3.41%
减：少数股东权益 (市值)	1.24	0.00%
减：债务价值	51.44	-0.12%
总股本价值	43579.19	103.29%
股本 (百万股)	445.00	
每股价值 (元)	<b>97.93</b>	
PE (隐含)	92.64	
PE (动态)	74.58	

资料来源：光大证券研究所预测

### 敏感性分析

WACC	2.75%	3.00%	3.25%
5.82%	100.38	107.41	115.80
<b>6.07%</b>	92.12	<b>97.93</b>	104.77
6.32%	85.03	89.90	95.55

资料来源：光大证券研究所预测

### 估值结果汇总

估值方法	估值结果	估值区间	敏感度分析区间
FCFF	97.93	85.03 - 115.80	贴现率 $\pm$ 0.25%，长期增长率 $\pm$ 0.25%

资料来源：光大证券研究所预测

根据绝对估值结果，睿创微纳的估值区间应该为 85-116 元。

### 5.2.3、投资评级

我们预计睿创微纳 2020-2022 年的归母净利润为 4.70、6.76、9.06 亿元，当前 351 亿元市值对应 PE 估值为 75x、52x、39x。公司坚持科技先导，技术优先，具备非制冷红外成像全产业链核心技术及生产工艺，产品关键参数世界领先。随着我国加大武器装备建设投入，军品红外装备将迎来巨大市场需求；而红外成像产品成本逐渐降低也将逐步打开安防、检疫、工业等更多民用市场空间。公司不断改进完善非制冷焦平面芯片技术，投入募集资金进行产能扩充，2022 年芯片年产量有望突破 50 万个，产能相比 19 年增加至三倍以上，带动机芯及整机产品收入及利润快速增长，首次覆盖给予“买入”评级。

## 6、风险分析

- 1. 技术与产品研发风险。**作为研发驱动型公司，睿创微纳多年来一直专注于红外成像领域的技术研发和产品设计，如果未来公司非制冷产品不能保持现有领先地位或制冷新品的研发不及预期，将导致盈利降低甚至造成亏损，对公司持续盈利能力产生重大不利影响。
- 2. 军费开支缩减风险。**军用业务为睿创微纳贡献稳定营收及业绩，毛利率常年维持在 70% 以上，如果国防装备投入费用缩减，整体军用红外市场受到影响，将可能导致公司营收及利润增速不及预期。
- 3. 贸易环境影响。**公司产品出口比例较高，欧美地区业务收入占比在 30% 左右，同时部分材料供应商在欧美地区。受国际收支状况、政治局势、宏观经济等相关因素影响，近年人民币兑美元汇率变化较大，由于公司出口产品的主要结算货币为美元，因此人民币对美元的汇率波动可能会对公司的经营业绩和财务状况产生一定的影响，使公司面临一定的外汇风险。若未来我国与公司主要的产品出口国贸易关系恶化，可能会对公司的经营业绩和财务状况产生一定的影响。

## 财务报表与盈利预测

利润表 (百万元)	2018	2019	2020E	2021E	2022E
营业收入	384	685	1,330	2,094	2,968
营业成本	153	339	624	1,043	1,521
折旧和摊销	14	26	32	44	58
税金及附加	3	5	8	12	16
销售费用	14	23	27	42	56
管理费用	21	38	36	55	77
财务费用	1	-27	-37	-39	-43
研发费用	65	111	160	230	312
投资收益	2	0	1	0	0
<b>营业利润</b>	<b>133</b>	<b>215</b>	<b>521</b>	<b>764</b>	<b>1,029</b>
利润总额	133	223	526	764	1,029
所得税	8	21	55	88	124
<b>净利润</b>	<b>125</b>	<b>202</b>	<b>470</b>	<b>676</b>	<b>906</b>
少数股东损益	0	0	0	0	0
<b>归属母公司净利润</b>	<b>125</b>	<b>202</b>	<b>470</b>	<b>676</b>	<b>906</b>
<b>EPS(按最新股本计)</b>	<b>0.33</b>	<b>0.45</b>	<b>1.06</b>	<b>1.52</b>	<b>2.04</b>

现金流量表 (百万元)	2018	2019	2020E	2021E	2022E
<b>经营活动现金流</b>	<b>36</b>	<b>159</b>	<b>479</b>	<b>603</b>	<b>865</b>
净利润	125	202	470	676	906
折旧摊销	14	26	32	44	58
净营运资金增加	203	264	245	374	403
其他	-306	-332	-269	-491	-502
<b>投资活动产生现金流</b>	<b>-108</b>	<b>-267</b>	<b>-220</b>	<b>-235</b>	<b>-210</b>
净资本支出	-110	-129	-170	-210	-210
长期投资变化	0	0	-38	0	0
其他资产变化	2	-138	-12	-25	0
<b>融资活动现金流</b>	<b>469</b>	<b>1132</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>20</b>
股本变化	104	60	0	0	0
债务净变化	-50	1	-1	0	0
无息负债变化	96	15	317	152	160
<b>净现金流</b>	<b>397</b>	<b>1024</b>	<b>287</b>	<b>385</b>	<b>674</b>

## 主要指标

盈利能力 (%)	2018	2019	2020E	2021E	2022E
毛利率	60.1%	50.4%	53.1%	50.2%	48.8%
EBITDA 率	38.1%	32.2%	42.7%	38.1%	35.8%
EBIT 率	34.2%	28.0%	40.3%	36.0%	33.9%
税前净利润率	34.7%	32.5%	39.5%	36.5%	34.7%
归母净利润率	32.6%	29.5%	35.4%	32.3%	30.5%
ROA	10.5%	7.9%	14.2%	16.5%	17.7%
ROE (摊薄)	12.4%	8.6%	16.8%	19.7%	21.1%
经营性 ROIC	17.7%	16.0%	32.6%	33.3%	34.8%

偿债能力	2018	2019	2020E	2021E	2022E
资产负债率	16%	8%	16%	16%	16%
流动比率	6.87	15.34	6.07	5.66	5.74
速动比率	4.95	13.16	5.13	4.81	4.95

资料来源: Wind, 光大证券研究所预测 注: 按最新股本摊薄测算

资产负债表 (百万元)	2018	2019	2020E	2021E	2022E
<b>总资产</b>	<b>b</b>	<b>2,544</b>	<b>3,310</b>	<b>4,100</b>	<b>5,125</b>
货币资金	455	1,494	1,781	2,166	2,840
交易性金融资产	0	0	0	0	0
应收帐款	87	115	239	320	401
应收票据	70	61	67	63	59
其他应收款(合计)	2	2	4	4	4
存货	246	294	412	486	568
其他流动资产	1	75	107	145	189
流动资产合计	883	2,070	2,647	3,237	4,107
其他权益工具	0	36	36	36	36
长期股权投资	0	0	38	38	38
固定资产	216	253	350	489	618
在建工程	3	4	26	42	54
无形资产	50	72	84	91	98
商誉	0	0	0	0	0
其他非流动资产	7	75	88	88	88
非流动资产合计	308	474	663	863	1,018
<b>总负债</b>	<b>185</b>	<b>202</b>	<b>518</b>	<b>669</b>	<b>830</b>
短期借款	0	1	0	0	0
应付账款	84	75	156	229	304
应付票据	4	8	12	21	30
预收账款	19	15	27	42	59
其他流动负债 S	0	1	8	15	24
流动负债合计	128	135	436	572	715
长期借款	0	0	0	0	0
应付债券	0	0	0	0	0
其他非流动负债	53	59	72	87	105
非流动负债合计	57	67	82	97	115
<b>股东权益</b>	<b>1,006</b>	<b>2,343</b>	<b>2,793</b>	<b>3,431</b>	<b>4,295</b>
股本	385	445	445	445	445
公积金	497	1,583	1,630	1,697	1,783
未分配利润	124	314	717	1,288	2,067
归属母公司权益	1,006	2,342	2,792	3,430	4,295
少数股东权益	0	1	1	1	1

费用率	2018	2019	2020E	2021E	2022E
销售费用率	4%	3%	2%	2%	2%
管理费用率	5%	6%	3%	3%	3%
财务费用率	0%	-4%	-3%	-2%	-1%
研发费用率	17%	16%	12%	11%	11%
所得税率	6%	9%	11%	12%	12%

每股指标	2018	2019	2020E	2021E	2022E
每股红利	0.00	0.05	0.08	0.09	0.10
每股经营现金流	0.09	0.36	1.08	1.36	1.94
每股净资产	2.61	5.26	6.27	7.71	9.65
每股销售收入	1.00	1.54	2.99	4.71	6.67

估值指标	2018	2019	2020E	2021E	2022E
PE	243	174	75	52	39
PB	30.2	15.0	12.6	10.2	8.2
EV/EBITDA	206	156	60	42	31
股息率	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%

## 行业及公司评级体系

评级	说明
买入	未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 15% 以上；
增持	未来 6-12 个月的投资收益率领先市场基准指数 5% 至 15%；
中性	未来 6-12 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差 -5% 至 5%；
减持	未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 5% 至 15%；
卖出	未来 6-12 个月的投资收益率落后市场基准指数 15% 以上；
无评级	因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。

**基准指数说明：**A 股主板基准为沪深 300 指数；中小盘基准为中小板指；创业板基准为创业板指；新三板基准为新三板指数；港股基准指数为恒生指数。

## 分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

## 分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。负责准备以及撰写本报告的所有研究人员在此保证，本研究报告中任何关于发行商或证券所发表的观点均如实反映研究人员的个人观点。研究人员获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户反馈、竞争性因素以及光大证券股份有限公司的整体收益。所有研究人员保证他们报酬的任何一部分不曾与、不与、也将不会与本报告中的具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

## 特别声明

光大证券股份有限公司（以下简称“本公司”）创建于 1996 年，系由中国光大（集团）总公司投资控股的全国性综合类股份制证券公司，是中国证监会批准的首批三家创新试点公司之一。根据中国证监会核发的经营证券期货业务许可，本公司的经营范围包括证券投资咨询业务。

本公司经营范围：证券经纪；证券投资咨询；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问；证券承销与保荐；证券自营；为期货公司提供中间介绍业务；证券投资基金代销；融资融券业务；中国证监会批准的其他业务。此外，本公司还通过全资或控股子公司开展资产管理、直接投资、期货、基金管理以及香港证券业务。

本报告由光大证券股份有限公司研究所（以下简称“光大证券研究所”）编写，以合法获得的我们相信为可靠、准确、完整的信息为基础，但不保证我们所获得的原始信息以及报告所载信息之准确性和完整性。光大证券研究所可能将不时补充、修订或更新有关信息，但不保证及时发布该等更新。

本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次发布时光大证券研究所的判断，可能需随时进行调整且不予通知。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。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本报告中的信息或所表述的意见并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

不同时期，本公司可能会撰写并发布与本报告所载信息、建议及预测不一致的报告。本公司的销售人员、交易人员和其他专业人员可能会向客户提供与本报告中观点不同的口头或书面评论或交易策略。本公司的资产管理子公司、自营部门以及其他投资业务板块可能会独立做出与本报告的意见或建议不一致的投资决策。本公司提醒投资者注意并理解投资证券及投资产品存在的风险，在做出投资决策前，建议投资者务必向专业人士咨询并谨慎抉择。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。投资者应当充分考虑本公司及本公司附属机构就报告内容可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一信赖依据。

本报告根据中华人民共和国法律在中华人民共和国境内分发，仅向特定客户传送。本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、复制、转载、刊登、发表、篡改或引用。如因侵权行为给本公司造成任何直接或间接的损失，本公司保留追究一切法律责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

**光大证券股份有限公司版权所有。保留一切权利。**

## 联系我们

上海	北京	深圳
静安区南京西路 1266 号恒隆广场 1 号写字楼 48 层	西城区月坛北街 2 号月坛大厦东配楼 2 层 复兴门外大街 6 号光大大厦 17 层	福田区深南大道 6011 号 NEO 绿景纪元大厦 A 座 17 楼