电子行业深度报告

技术创新+多领域需求扩展，光学行业景气度全面提升

增持（维持）

2020 年 07 月 20 日

证券分析师 王平阳
执业证号：S0600519060001
021-60199775
wangpingyang@dwzq.com.cn
研究助理 王少南
wangshn@dwzq.com.cn

投资要点

- **全球光学摄像头市场不断增长，手机应用成最大助力。**受益光学行业景气度全面提升，根据 Yole 数据，预计 2022 年全球摄像头市场规模将超过 450 亿美元，2016-2022 年 CAGR 为 12.2%。手机摄像头市场占比超 80%，为全球摄像头市场核心增长动力，根据中国产业信息网数据，预计 2018-2024 年，手机摄像头行业规模预计将从 271 亿美元增长到 457 亿美元，CAGR 为 7.75%，2021 年出货量将达到 75 亿颗。

- **手机摄像头技术创新升级趋势明显，细分行业充分受益。**由于用户对手机摄像性能要求不断提高，手机摄像头技术不断创新升级，未来将逐渐向多摄、CIS 高像素、7P/8P、玻塑混合、潜望式镜头、3D Sensing TOF 等多方向发展。多摄方面，根据 IDC 数据，安卓系和苹果多摄渗透率都将在 2021 年超过 60%，在手机进入存量时代下，单机摄像头数量提升已然成为趋势。与此同时，单摄像头像素提升亦成为镜头升级重要方向，对应 CIS 向高像素方向发展，40MP、64MP 成为旗舰机型标配，小米 CC9 Pro 后置主摄像素甚至已达到 108MP；为了成像更加真实清晰，镜片从 6P 向 7P、8P 迈进，玻塑混合镜片技术突破多镜片性能瓶颈，有望率先应用于高端机型；远景拍摄需求带动光学变焦创新，相对于传统的 2-3X 光学变焦，潜望式镜头能够实现 5X 光学变焦，最新发布的华为 P40 Pro+则采用了 8MP 潜望式镜头，能实现 10X 光学变焦；为了增强拍摄效果、获取深度信息，TOF 将被广泛应用于后置镜头，在 AR/VR、车用导航、3D 建模等领域进行延伸，预计 2020 年 iPhone 新机也将后置 TOF 镜头，推动 TOF 更加成熟和普及。

- **全面屏+5G 带动光学多下游领域强势增长。**随着手机全面屏需求增加，OLED 屏下光学指纹出货量持续提升，随着 LCD 屏下光学指纹技术突破，汇顶科技有望于 2020 年实现量产，光学屏下指纹识别方案将占据市场绝对优势；汽车领域，ADAS 渗透率不断提升，车载摄像头需求保持强劲增长，根据 IHS 及智研咨询数据，预计 2020 年全球车载摄像头出货量将达到 8277 万枚，市场规模超过 170 亿元，CAGR 达到 13.98%；AR/VR 方面，5G 背景下光波导“全反射”无损成像技术平衡了 FOV 大小和设备体积的之间的矛盾，将促进 AR 在 C 端大范围普及。

- **投资建议：**我们看好手机摄像头技术创新升级以及多下游领域增长带来的光学行业景气度全面提升，建议关注：韦尔股份（CIS）、水晶光电（滤光片）、五方光电（滤光片）、联创电子（镜头）、欧菲光（模组/镜头）、汇顶科技（光学屏下指纹）、歌尔股份（AR/VR）、晶方科技（CIS 封测）。

风险提示：1）技术升级不及预期；2）ADAS 及 AR 渗透率不及预期；3）新冠疫情影响手机销量不及预期；4）中美贸易战加剧。

行业走势



相关研究

1、《电子行业周报：疫情下需求不减，智能手表出货量逆势上涨》2020-06-21

2、《电子行业专题报告：TWS 赛道广阔，产业链多环节机遇已至》2020-06-07

3、《电子行业周报：TWS 市场高增长依旧，安卓与第三方品牌市场潜力充足》2020-05-31

请务必阅读正文之后的免责声明部分

内容目录

1. 光学摄像头市场持续增长，带动产业链持续向好 5
1.1. 摄像头总体市场规模不断增长，技术升级+5G 浪潮成强力驱动 5
1.2. 摄像头需求增长刺激上游光学组件市场扩张 7
1.2.1. CIS 市场产量产值持续攀升 8
1.2.2. 镜头市场持续向好，龙头厂商掌控市场 9
1.2.3. 音圈马达（VCM）市场规模持续增长，市场格局分散 10
1.2.4. 红外截止滤光片（IRCF）量价齐升 11
1.2.5. 摄像头模组市场格局分散，MOB/MOC 新工艺引领未来 12
2. 手机摄像头全面升级，各类创新持续不断 14
2.1. 多摄势不可挡，拉动镜头整体需求 14
2.2. 单镜头多元化升级，CIS 及镜片有望充分受益 17
2.3. 潜望式镜头解决光学变焦瓶颈，有望成市场主流 21
2.4. 手机 TOF 开启深度视觉新形态 22
2.4.1. 结构光与 TOF 成为 3D Sensing 主流 22
2.4.2. 后置 TOF 镜头将成为标配 25
2.4.3. dToF 性能优越，5G AR 大潮下有望成为市场主流 26
3. 全面屏+5G 推动光学新市场扩张 28
3.1. 全面屏时代屏下指纹识别开启新解锁方式 28
3.1.1. LCD 光学屏下指纹有望 2020 年量产 28
3.1.2. 光学屏下指纹识别规模不断提升 29
3.2. ADAS 渗透率提升，车载镜头市场空间广阔 31
3.3. 光波导成为 AR 成像主流技术，AR 有望向 C 端普及 33
4. 投资建议 36
4.1. 投资观点 36
4.2. 建议关注 37
4.2.1. 韦尔股份（6003501.SH）：光学芯片龙头，技术更迭产品量价齐升 37
4.2.2. 水晶光电（002273.SZ）：深耕光电产业，受益光学元器件市场新机遇 37
4.2.3. 五方光电（002962.SZ）：专业光学镀膜产品制造商 38
4.2.4. 联创电子（002036.SZ）：优质光学镜头厂商，受益玻塑混合趋势 38
4.2.5. 欧菲光（002456.SZ）：光学龙头，受益屏下指纹渗透提升 39
4.2.6. 汇顶科技（603160.SH）：全球指纹识别芯片领域的龙头 39
4.2.7. 歌尔股份（002241.SZ）：业绩超预期，持续受益于 TWS 及 AR/VR 40
4.2.8. 晶方科技（603005.SH）：传感器领域封装龙头，业绩有望激增 41
5. 风险提示 42

图表目录

图 1：摄像头成像原理 5
图 2：摄像头分类 6
图 3：摄像头结构拆解 6
图 4：摄像头成本构成 6
图 5：全球摄像头组件主要厂商 6
图 6：全球摄像头行业规模及预测 7
图 7：2019Q4 摄像头下游应用占比 7
图 8：手机摄像头市场规模及预测 7
图 9：手机摄像头需求量及预测 7
图 10：手机摄像头模组各组件市场规模及预测 8
图 11：CIS 市场规模（百万美元） 8
图 12：全球 CIS 出货量 8
图 13：2019 年 CIS 市场规模竞争格局 9
图 14：2019 年主要厂商 CIS 出货量 9
图 15：全球镜头市场规模 9
图 16：全球镜头下游市场占比 9
图 17：2018 年全球镜头市场竞争格局 10
图 18：2019 月 12 全球各厂商镜头出货量 10
图 19：各类镜片对比 10
图 20：全球 VCM 市场规模 11
图 21：全球 VCM 出货量 11
图 22：2018 年全球 VCM 市场竞争格局 11
图 23：201912 全球主要厂商 VCM 出货量 11
图 24：全球 IRCF 市场规模 12
图 25：全球 IRCF 出货量 12
图 26：2019 年全球手机 CCM 出货量竞争格局 12
图 27：2018 年国内手机 CCM 出货量 12
图 28：模组封装技术对比 13
图 29：iPhone 11 Pro Max 后置摄像头配置 14
图 30：华为 Mate 30 Pro 后置摄像头配置 14
图 31：各品牌多摄组合方案 15
图 32：2018-2021 年安卓系摄像头渗透率及预测 16
图 33：2018-2021 年苹果摄像头渗透率及预测 16
图 34：2018-2021 年前置摄像头出货量（百万颗） 16
图 35：2018-2021 年前置镜头占比及预测 16
图 36：2018-2021 年后置摄像头出货量（百万颗） 17
图 37：2018-2021 年后置镜头占比及预测 17
图 38：2018-2021 年全球手机出货量与镜头需求量 17
图 39：2018-2021 年单机平均镜头数及增速 17
图 40：2017 年不同价位手机摄像头像素分布 18
图 41：华为手机像素升级过程 18

图 42：CCD 与 CIS 对比 19
图 43：CIS 19
图 44：手持设备 CIS 出货量按像素分布（亿个） 19
图 45：大立光 8P 镜头专利 20
图 46：2018 年中国智能手机主镜头分类占比 20
图 47：玻塑混合镜头 20
图 48：不同材质镜片参数对比 21
图 49：光学变焦与数码变焦 21
图 50：潜望式镜头结构 22
图 51：潜望式镜头介绍 22
图 52：华为 P30 Pro 样张 22
图 53：Vivo X30 样张 22
图 54：iPhone 中的 Face ID 应用 23
图 55：3D Sensing 三种技术原理 24
图 56：3D Sensing 三种技术对比 24
图 57：iPhone 12 渲染图 25
图 58：华为 Mate30 Pro 25
图 59：配置 TOF 手机出货量（百万部） 25
图 60：TOF 手机渗透率 26
图 61：dToF（左）与 iToF（右）测距原理 26
图 62：iToF 与 dToF 性能对比 27
图 63：iPad Pro 的 dTOF 摄像头 27
图 64：华为 Mate30 pro 的 iToF 摄像头 27
图 65：屏下指纹识别技术对比 28
图 66：光学屏下指纹技术原理图 29
图 67：屏下指纹识别占比情况 30
图 68：光学屏下指纹出货量及预测 30
图 69：车载镜头应用 31
图 70：车载镜头位置分布 31
图 71：ADAS 车载摄像头功能 32
图 72：全球车载摄像头出货量及预测 32
图 73：全球车载摄像头市场规模及预测 32
图 74：AR/VR 终端代表性产品 33
图 75：华为云 AR/VR 演进及连接需求 34
图 76：AR/VR 近眼显示系统比较（NED） 34
图 77：AR 眼镜光学显示系统组合比较 35
图 78：不同类型光波导原理 36
图 79：VR/AR 硬件出货量及预测 36
图 80：中国 VR/AR 市场规模预测 36
图 81：可比公司估值对比 41

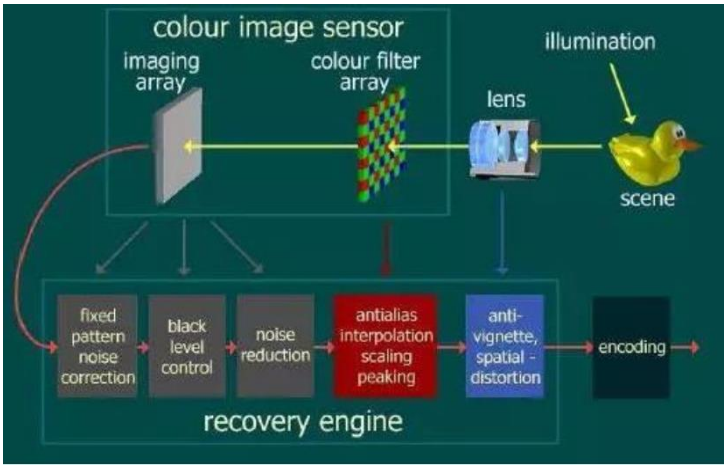
1. 光学摄像头市场持续增长，带动产业链持续向好

1.1. 摄像头总体市场规模不断增长，技术升级+5G 浪潮成强力驱动

光学创新及应用推广永不眠。从 2000 年夏普推出全球首款搭载后置 11 万像素摄像头的拍照手机 J-SH04 开始，用户对智能手机摄像性能要求不断提高，各厂商技术不断更新迭代，手机摄像头逐渐向多摄、CIS 高像素、7P/8P、镜片玻塑混合、潜望式镜头变焦、TOF 等多方向发展。此外，全面屏推动光学屏下指纹识别市场兴起，ADAS 渗透率提升使车载镜头市场空间广阔，5G 浪潮推动 AR/VR 逐渐推广，技术创新+应用扩展为光学产业链增添持续增长动能，光学应用及创新成为手机、汽车、AR/VR 等诸多行业关注的重点。

摄像头需求增长和技术升级已成趋势。摄像头是一种图像、视频输入的光学设备，过去被广泛的运用于视频会议、远程医疗及实时监控等方面。随着互联网技术的发展，网络速度的不断提高，再加上感光成像器件技术的成熟并大量用于摄像头的制造上，现在被广泛应用于智能手机、笔电、安防监控等领域，未来，随着科技的进步与发展，技术的快速更新迭代，人机交互、智能眼镜及投影、智能汽车驾驶和安防等领域对精密光学元件的需求将大大增加且维持高速增长，光学摄像头仍然具有很大成长空间。摄像头的工作原理是将拍摄对象通过镜头（lens），将生成的光学图像投射到传感器上(colour image sensor)，然后光学图像被转换成电信号，进行降噪等操作后，电信号再经过模数转换变为数字信号，数字信号经过 DSP 加工处理，再被送到处理器中进行解码（encoding）处理，最终转换成我们能够看到的图像。

图 1：摄像头成像原理



数据来源：OFweek，东吴证券研究所

技术升级推动摄像头种类扩展。摄像头按照外形以划分成球面摄像头，针孔摄像头，鱼眼摄像头等；而按照焦距可划分为长焦摄像头，广角摄像头，变焦摄像头等；按下游应用可分为数码相机摄像头，智能手机摄像头，车载摄像头，安防摄像头。

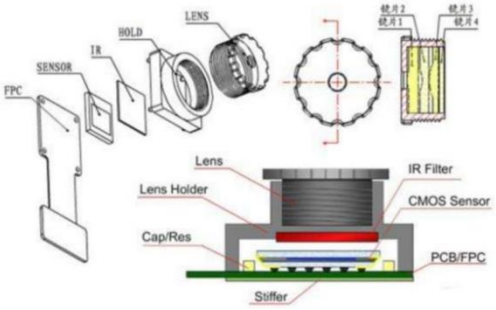
图 2：摄像头分类

按外形划分	按焦距划分	按下游应用划分
球面摄像头，针孔摄像头，鱼眼摄像头等	长焦摄像头，广角摄像头，变焦摄像头等	数码相机摄像头，智能手机摄像头，车载摄像头，安防摄像头等

数据来源：中国产业信息网，东吴证券研究所

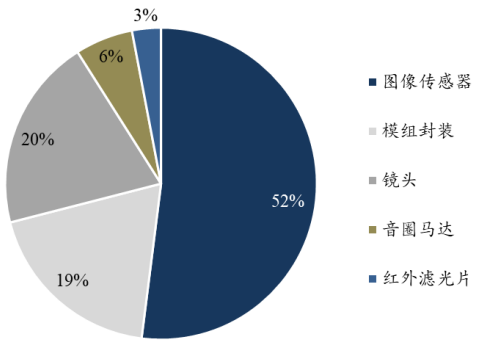
摄像头主要由五部分组成。根据旭日大数据，摄像头各组成部分功能及成本占比各不相同，主要包括图像传感器（将表面的上镜头送过来的光信号转化成为电信号），在摄像头组件成本中占比 52%；镜头（收集光线然后将物体成像到图像传感器），在摄像头组件成本中占比 20%；音圈马达（推动镜头移动实现对焦，通过移动镜头可以得到清晰的照片），在摄像头组件成本中占比 6%；红外截止滤光片（过滤多余的红外光和紫外光，使得拍摄出来的图像颜色更加接近我们人眼所看到的颜色），在摄像头组件成本中占比 3%；以及最终的模组封装（将摄像头零组件整合到一起成为完整的摄像头），在摄像头成本中占比 19%。

图 3：摄像头结构拆解



数据来源：OFweek，东吴证券研究所

图 4：摄像头成本构成



数据来源：旭日大数据，东吴证券研究所

国内外企业分庭抗礼。摄像头各组件生产领域均有中国厂商参与其中，且占有一席之地。尤其在 CIS、镜头、滤光片、模组封装领域，豪威科技（韦尔股份）、水晶光电、欧菲光等 A 股龙头企业更是处于国际领先地位，可与外国公司抗衡。

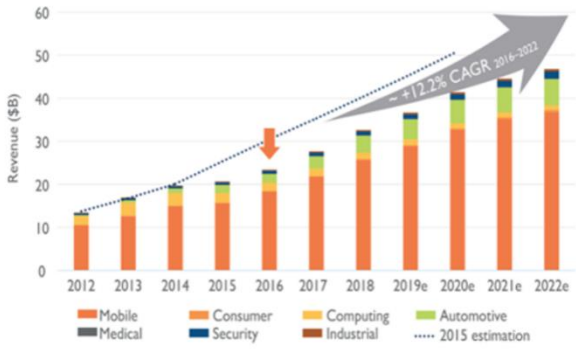
图 5：全球摄像头组件主要厂商

摄像头组件	主要厂商
图像传感器	索尼，豪威科技（韦尔股份），三星，海力士，晶方科技
音圈马达	阿尔卑斯，TDK，三美，三星电机，上海比路
镜头	大立光，舜宇光学，玉晶光，欧菲光，联创电子
滤光片	欧菲光，水晶光电，五方光电，田中技研，VIAVI
模组封装	欧菲光，舜宇光学，丘钛科技，信利，三星电机

数据来源：OFweek，东吴证券研究所

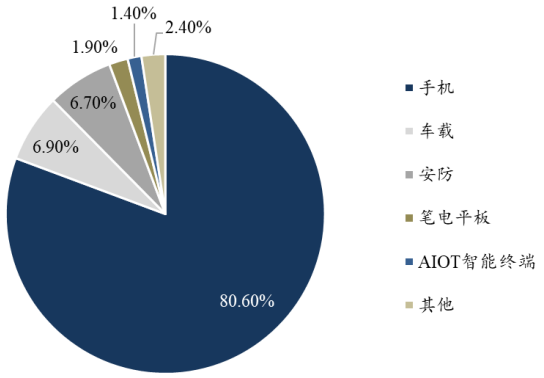
光学摄像头市场规模不断增长，手机成核心增长动力。根据 Yole 数据，全球摄像头行业规模不断扩大，到 2022 年有望超过 450 亿美元，2016-2022 年 CAGR 为 12.2%，行业保持持续稳定增长。从摄像头下游应用来看，手机占据绝对优势，2019Q4 占有率超过 80%，是摄像头行业最为核心的应用领域。

图 6：全球摄像头行业规模及预测



数据来源：Yole，东吴证券研究所

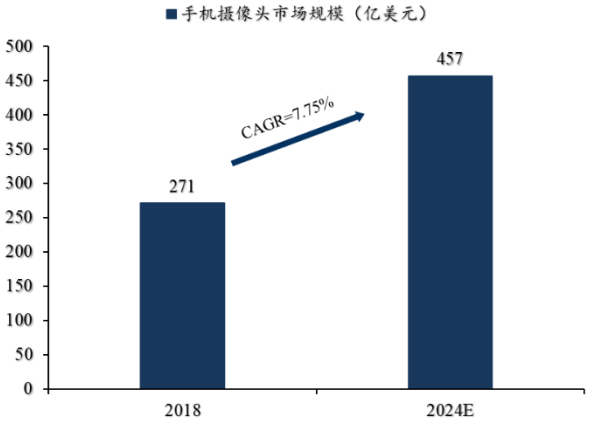
图 7：2019Q4 摄像头下游应用占比



数据来源：旭日大数据，东吴证券研究所

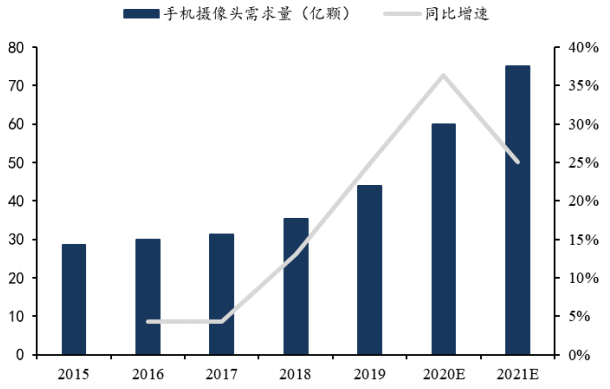
手机摄像头市场规模及需求量齐升。根据中国产业信息网数据，2018-2024 年，手机摄像头行业规模预计将从 271 亿美元增长到 457 亿美元，CAGR 为 7.75%；根据 Yole 数据，手机摄像头出货量也将不断增长，2019 年出货量为 44 亿颗，预计 2021 年达到 75 亿颗。

图 8：手机摄像头市场规模及预测



数据来源：中国产业信息网，东吴证券研究所

图 9：手机摄像头需求量及预测



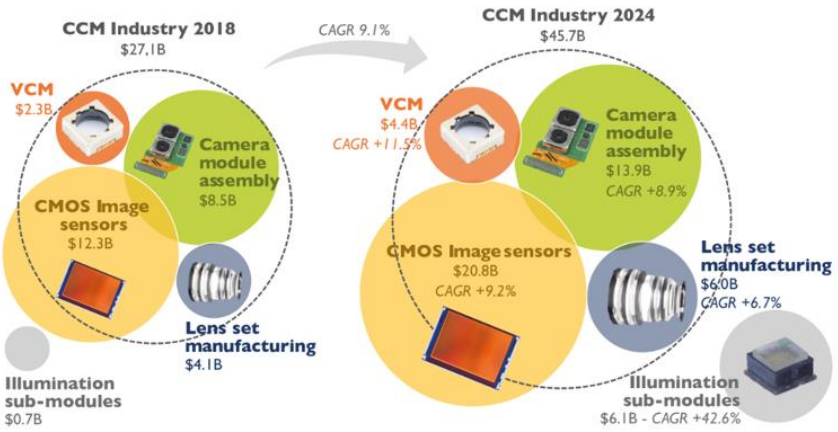
数据来源：Yole，东吴证券研究所

1.2. 摄像头需求增长刺激上游光学组件市场扩张

需求增长+技术升级推动手机摄像头各组件及整体市场规模扩张。根据 Yole 数据，2018-2024 年，CIS 市场规模将从 123 亿美元增长到 208 亿美元，CAGR 为 9.2%；镜头市场规模将从 41 亿美元增长到 60 亿美元，CAGR 为 6.7%；音圈马达市场规模将从 23

亿美元增长到 44 亿美元，CAGR 为 11.5%；模组封装市场规模将从 85 亿美元增长到 139 亿美元，CAGR 为 8.9%；全球手机摄像头市场规模将从 271 亿美元增长到 457 亿美元，CAGR 为 9.1%。受益于下游需求增长及技术升级，从摄像头各组件到整体都有望迎来高速增长期，行业景气度持续提升。

图 10：手机摄像头模组各组件市场规模及预测

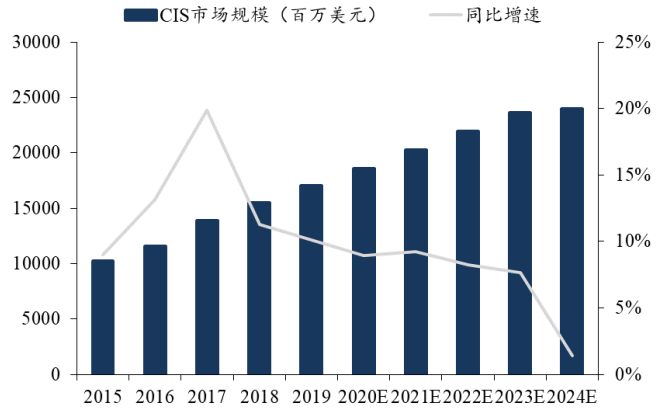


数据来源：Yole，东吴证券研究所

1.2.1. CIS 市场产量产值持续攀升

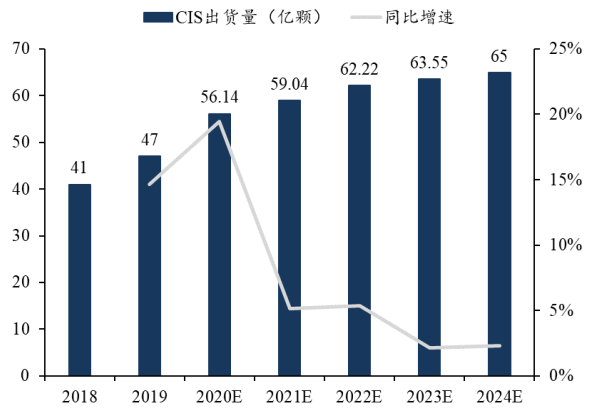
CIS 市场规模和总体出货量有望不断走强。目前大部分带有摄像头设备使用的都是 CIS，根据 Yole 数据，2015-2018 年，CIS 市场规模由 102.48 亿美元增长到 154.78 亿美元，CAGR 为 10.86%，预计 2024 年达到近 240 亿美元，整体规模不断上升；根据群智咨询数据，2019 年全球 CIS 出货量高达 47 亿颗，预计 2024 年可攀升至 65 亿颗。

图 11：CIS 市场规模（百万美元）



数据来源：Yole，东吴证券研究所

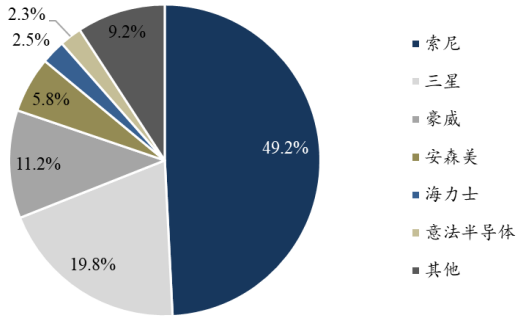
图 12：全球 CIS 出货量



数据来源：群智咨询，东吴证券研究所

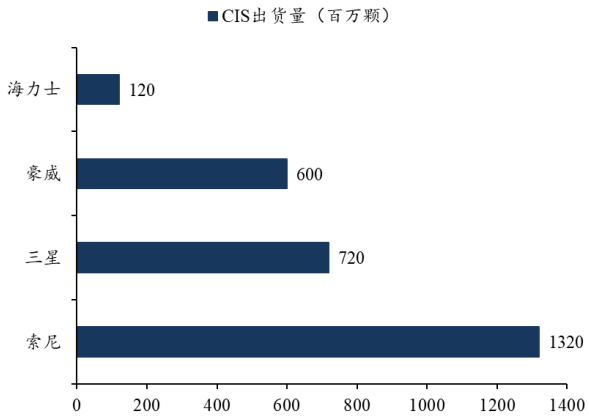
市场集中度高，龙头企业遥遥领先。根据 Yole 数据，CIS 市场集中度较高，CR3 为 80.2%，其中索尼占比 49.2%，三星占比 19.8%，豪威占比 11.2%。根据群智咨询数据，2019 年 CIS 全球出货量 47 亿颗，出货量前三名分别为索尼（13.2 亿颗），三星（7.2 亿颗），豪威（6 亿颗），排名前三厂商出货量遥遥领先其他厂商，龙头地位稳固。

图 13：2019 年 CIS 市场规模竞争格局



数据来源：Yole，东吴证券研究所

图 14：2019 年主要厂商 CIS 出货量

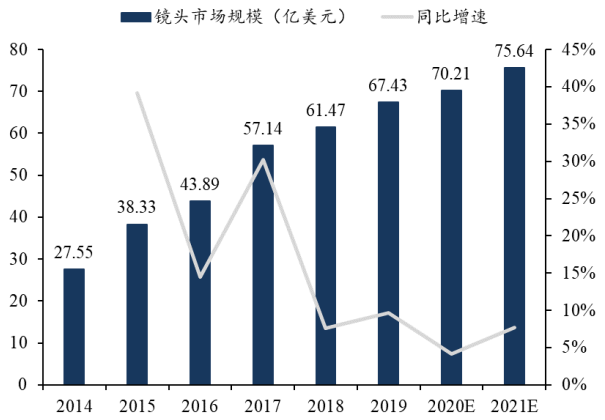


数据来源：群智咨询，东吴证券研究所

1.2.2. 镜头市场持续向好，龙头厂商掌控市场

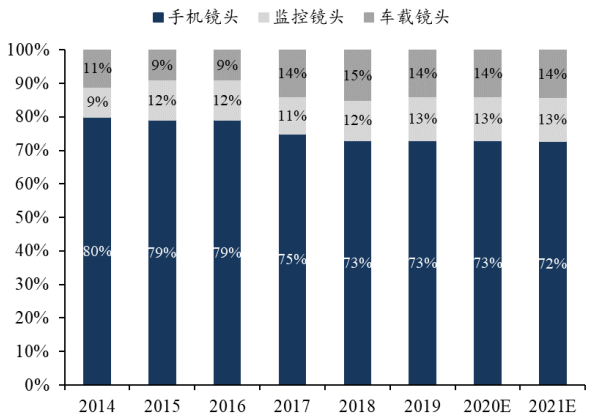
镜头市场规模持续增长，下游应用占比稳定。受益于手机、车载、监控等市场的发展，镜头市场规模连年递增，根据中国产业信息网数据，2014-2019 年，全球镜头市场规模从 27.55 亿美元增长到 67.43 亿美元，CAGR 为 16.09%，预计 2021 年可达约 75.64 亿美元。从下游应用来看，手机、视频监控、车载摄像机是三个最大的应用市场，中国产业信息网数据显示，2014-2021 年，市占率方面常年保持稳定，其中手机镜头占比 72-80%，监控镜头占比 9-13%，车载镜头占比 9-15%。

图 15：全球镜头市场规模



数据来源：中国产业信息网，东吴证券研究所

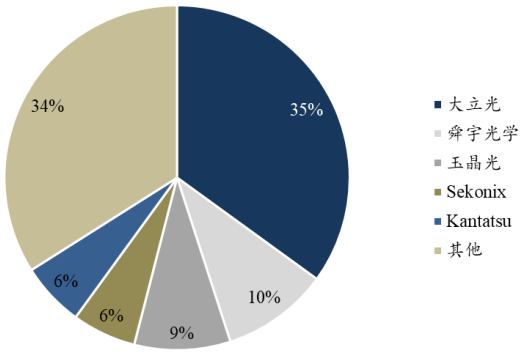
图 16：全球镜头下游市场占比



数据来源：中国产业信息网，东吴证券研究所

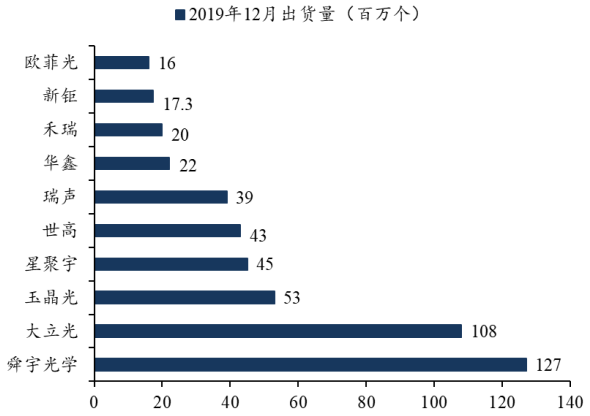
镜头市场集中度高，龙头厂商出货量绝对领先。根据中国产业信息网数据，2018 年 CR3 为 54%，大立光占比 35%，舜宇光学占比 10%，玉晶光占比 9%。根据旭日大数据的数据，从出货量上可以看出，201912 单月出货量上亿的仅有大立光和舜宇光学，二者处于行业绝对领先地位。

图 17：2018 年全球镜头市场竞争格局



数据来源：中国产业信息网，东吴证券研究所

图 18：2019 月 12 全球各厂商镜头出货量



数据来源：旭日大数据，东吴证券研究所

玻塑混合镜片有望成为镜片发展新趋势。摄像头镜片主要分为塑料镜片、玻璃镜片和玻塑混合镜片。虽然塑料镜片透光率存在一定劣势，但是由于手机镜头需求量大且对成本要求高，塑料镜片在工艺难度、量产难度、成本等方面优势便体现出来，因此目前手机镜头多以塑料镜片为主，而手机市场应用占比 80%以上，这也是龙头厂商多集中于塑料镜片的原因。而在安防车载领域，对镜片透光率要求更高，而对成本相对不敏感，所以更多使用玻璃镜片。玻塑混合镜片透光率高于塑料镜片，量产难度与成本低于玻璃镜片，且可应用领域更为广泛，在手机、安防、车载领域均有使用，对于提升相片质量是较优的选择，因此玻塑混合镜片有望在未来得到广泛应用。

图 19：各类镜片对比

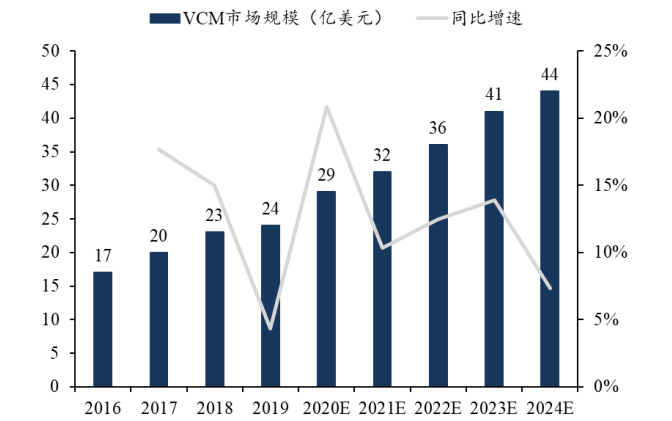
特点	塑料镜片	玻璃镜片	玻塑混合镜片
工艺难度	低	高	居中
量产难度	低	高	居中
生产成本	低	高	居中
热膨胀系数	高	低	居中
重量	轻	重	居中
透光率	89%-92%	99%	介于两者之间
主要下游应用	手机	高端安防、监控、车载	手机、高端安防、监控、车载
代表企业	大立光、玉晶光、舜宇光学	腾龙、富士能、福建福光	舜宇光学、凤凰光学

数据来源：中国产业信息网，东吴证券研究所

1.2.3. 音圈马达（VCM）市场规模持续增长，市场格局分散

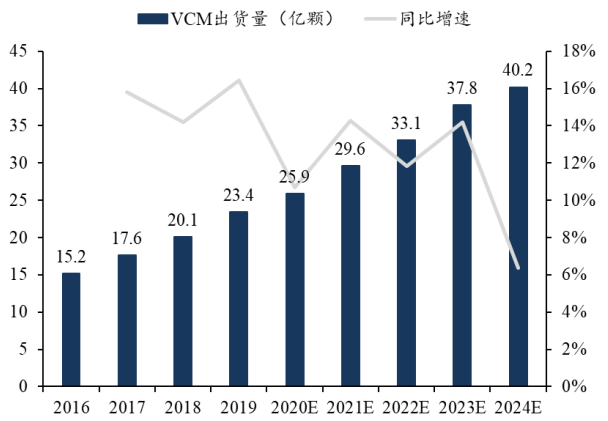
VCM 市场规模及出货量持续上升。根据 Yole 数据，2016-2019 年，VCM 市场规模从 17 亿美元增长到 24 亿美元，CAGR 为 9%，预计 2024 年达到 44 亿美元；出货量方面，2016-2019 年，出货量从 15.2 亿颗增长到 23.4 亿颗，CAGR 为 11.39%，预计 2024 年增长到 40.2 亿颗。

图 20：全球 VCM 市场规模



数据来源：Yole，东吴证券研究所

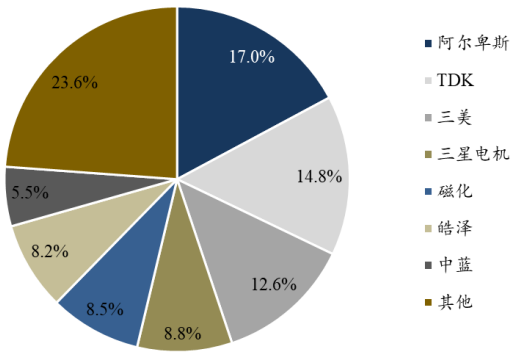
图 21：全球 VCM 出货量



数据来源：Yole，东吴证券研究所

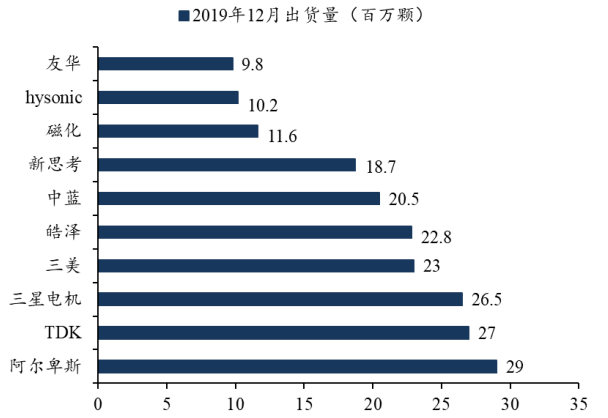
VCM 技术壁垒低，市场结构分散。VCM 的技术并不复杂，但由于对灵敏度的要求较高，所以生产时的精度控制是关键，这涉及到设计、材料等各个环节的改进。正因为 VCM 技术难度并不高，所以全球参与 VCM 产业的厂商有上百家，市场较为分散，根据第一手机界研究院数据，CR3 仅为 44.4%，未超市场的一半，没有绝对的龙头，市占率最大的阿尔卑斯也仅有 17%的分额，市场呈现多寡头对峙格局。根据旭日大数据，2019 年 12 月全球 VCM 出货量前三的厂商分别为阿尔卑斯（2900 万颗）、TDK（2700 万颗）、三星电机（2650 万颗），但与后续几名差距不大。

图 22：2018 年全球 VCM 市场竞争格局



数据来源：第一手机界研究院，东吴证券研究所

图 23：201912 全球主要厂商 VCM 出货量



数据来源：旭日大数据，东吴证券研究所

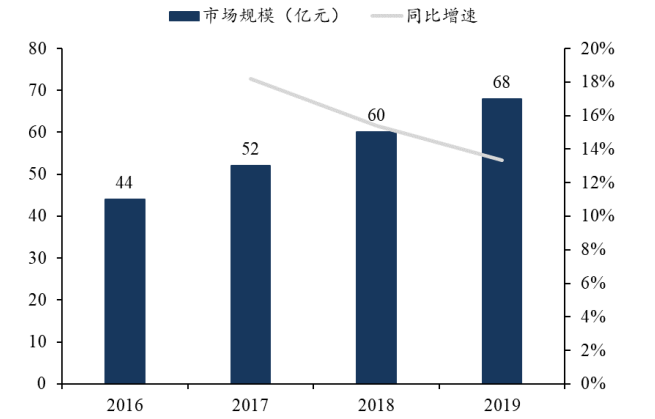
1.2.4. 红外截止滤光片（IRCF）量价齐升

蓝玻璃 IRCF 应用更广。红外截止滤光片(IRCF,IR-Cut filter) 是一种允许可见光透过而截止红外光的光学滤光片。当光线进入镜头，折射后可见光和红外光会在不同靶面成像，可见光成像为彩色，红外光成像为黑白。当把可见光所成图像调试好之后，红外光会在此靶面形成虚像，影响图像的颜色和质量。IRCF 的生产最关键的是镀膜工艺和

镀膜基材，镀膜需要保证镀膜的均匀性和一致性，以蓝玻璃为基材镀膜制成的 IRCF，是采用吸收的方式过滤红外光，可过滤 630nm 以上波长的光，比较彻底；而以普通玻璃为基材镀膜所制成的 IRCF 是以反射的方式过滤掉红外光，可过滤 650nm 以上波长的光，反射光容易造成干扰，效果差于蓝玻璃 IRCF。

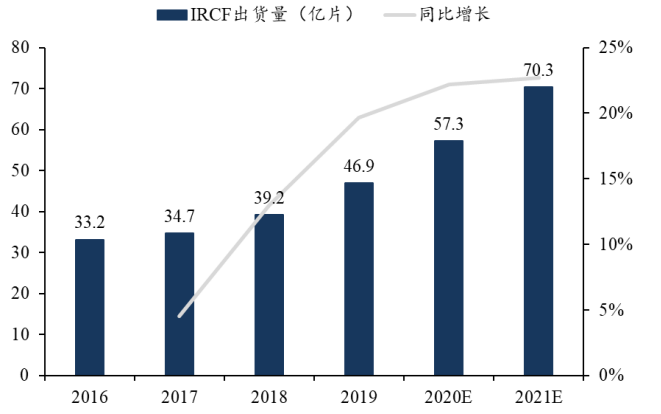
市场规模持续增长，IRCF 量价齐升。根据旭日大数据的数据，2016-2019 年全球 IRCF 市场规模从 44 亿元增长到 68 亿元，CAGR 为 11.5%，根据 Wind 数据，全球 IRCF 出货量也在不断升高，2016 年出货量 33.2 亿片，2019 年攀升至 46.9 亿片，同时每片单价从 2016 年的 1.32 元，增长到 2019 年的 1.45 元，IRCF 市场呈现量价齐升的趋势。

图 24：全球 IRCF 市场规模



数据来源：旭日大数据，东吴证券研究所

图 25：全球 IRCF 出货量



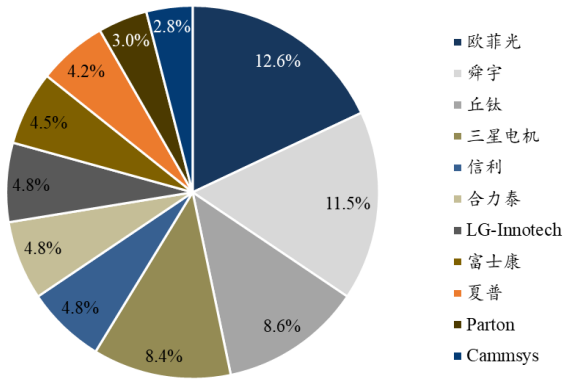
数据来源：Wind，东吴证券研究所

1.2.5. 摄像头模组市场格局分散，MOB/MOC 新工艺引领未来

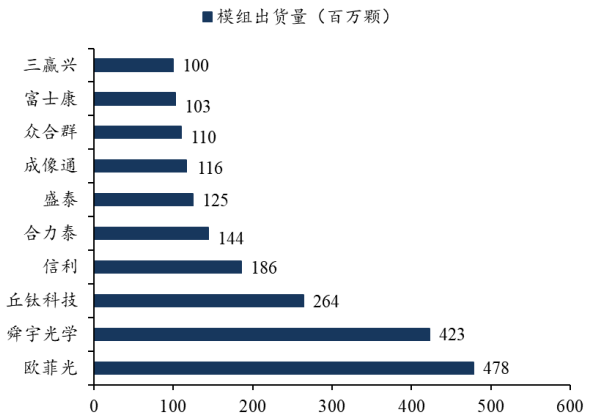
摄像头模组（CCM）技术壁垒低，市场较为分散。摄像头模组技术壁垒较低，行业入场成本较低，这也导致手机摄像头模组市场比较分散。根据群智咨询数据，2019 年摄像头模组市场出货量 CR3 为 32.7%，第一名欧菲光（12.6%），第二名舜宇光学（11.5%），第三名丘钛科技（8.6%），整个市场较为分散。根据中国产业信息网数据，2018 年国内手机 CCM 出货量前三名分别为欧菲光（4.78 亿颗），舜宇光学（4.23 亿颗），丘钛科技（2.64 亿颗），其余厂商出货量都在 2 亿颗以下，龙头厂商有一定领先优势。

图 26：2019 年全球手机 CCM 出货量竞争格局

图 27：2018 年国内手机 CCM 出货量



数据来源：群智咨询，东吴证券研究所



数据来源：中国产业信息网，东吴证券研究所

MOB/MOC 是模组封装技术未来趋势。模组封装是将摄像头零组件整合成为摄像头的加工过程，手机摄像头模组主流封装工艺有 CSP、COB、MOB/MOC 和 FC 四种，其中 CSP 主要用于低端产品，COB 是目前最主流的工艺，MOB/MOC 是 COB 改造升级后的技术，暂时只有少数大厂商在使用，FC 则仅有苹果在使用。COB 封装正向 MOB 和 MOC 发展，MOB 与 COB 的区别在于底座与线路板一体化，MOB 通过将电路器件包覆于内部，降低了模组厚度，而 MOC 比 MOB 更加先进的地方在于将连接线一起包覆于内部，进一步降低了模组厚度。MOB/MOC 相较 COB，封装性能更优，并且正在逐渐接近 FC 封装性能，同时相较于 FC 成本更低，是模组封装的未来趋势。

图 28：模组封装技术对比

技术类型	技术特点	厂商
CSP	设备成本低，封装成本高，模组厚度高，透光率低，成像效果差（容易有鬼影），主要应用于8M像素以下的模组	中小模组厂
COB	设备成本高（一条产线投资约1000万元），封装成本低，要求在无尘环境下，良率波动大，制程时间长	舜宇、欧菲光、丘钛和大多模组厂
MOB/MOC	设备成本高（舜宇基于COB自行改造设备），封装成本低，比COB缩小模组厚度和面积，提升强度和散热性，减少AA制程的使用量	舜宇、欧菲光、丘钛
FC	设备成本更中小模组厂高（需要定制，一条产线投资约1300-1500万元），模组厚度最薄，封装成本高	欧菲光（收购索尼华南厂）、索尼、LG、夏普、高伟电子

数据来源：立鼎产业研究院，东吴证券研究所

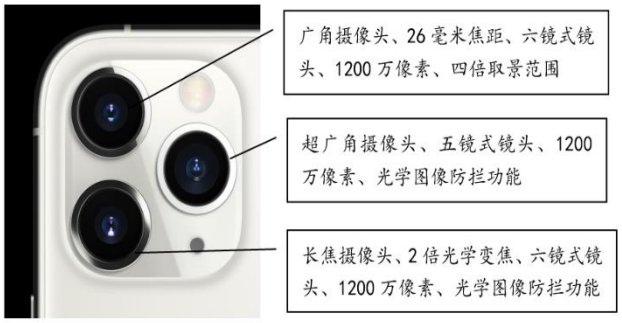
大厂商长期成本优势显著，技术更迭市场集中度有望提高。舜宇、欧菲光等较大的模组厂商均使用 COB 技术进行封装，设备成本高但封装成本低，属于高端工艺，长期而言，产品成本较低，有利于企业的长期发展，这是大厂商的显著优势，而中小厂商考虑到初始成本和风险规避，大多选择设备成本较低的 CSP，但由于封装成本高，属于低端工艺，长期而言，产品成本相对较高，在下游要求不断提升的趋势下，中小企业在长期竞争中处于劣势。FC 是苹果特有的封装技术，主要是索尼、LG、夏普等厂商在使用，

产出的模组厚度最薄但设备成本和封装成本均较高。在 COB 技术改进后的 MOB、MOC 虽然初始成本高，但封装成本低，模组厚度较薄，对大厂商而言是性价比较高的封装技术，未来有望取代 COB 和 FC，成为大厂商偏爱的封装技术。由于新冠病毒疫情和技术更迭的冲击，中小厂商的生存将愈加困难，未来市场集中度有望逐步提升。

2. 手机摄像头全面升级，各类创新持续不断

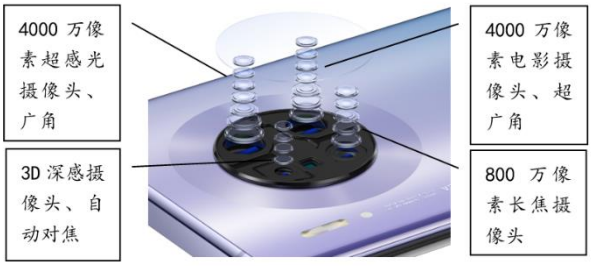
光学升级，旋律不断。随着移动互联网和智能手机兴起，QQ、微信、短视频、直播等应用在消费者当中持续渗透，人们利用手机拍照、录制视频并进行分享等相关活动也愈加频繁，消费者也展现了对手机拍照性能的持续追求，具体体现在图片色彩丰满度、照片清晰度、取景广度、成像立体感、镜头变焦能力等各个方面，手机厂商也将光学升级做为重要创新领域。厂商开始为手机搭载多个性能不同的镜头来提升拍照性能全面性，如搭载 TOF 镜头提升立体感、搭载超广角镜头提升空间感等，通过提高单个镜头的像素、增加单个镜头镜片数来提升单镜头清晰度，研发潜望式镜头来以突破因为手机体积，镜头进行光学变焦的限制。2019 年，苹果推出性能参数为“前置 12MP+后置 12MP 广角主摄+12MP 长焦镜头+12MP 超广角镜头”的 iPhone 11 Pro Max,华为也推出性能参数为“前置像素 32、后置 40MP 超广角主摄+40MP 超广角+8MP 长焦+TOF 深感摄像头”的 Mate 30 Pro，我们认为，光学升级不会停止，多摄趋势、单镜头升级、潜望式镜头变焦以及 TOF 镜头的应用将成为光学赛道持续景气的主要动力。

图 29：iPhone 11 Pro Max 后置摄像头配置



数据来源：苹果官网，东吴证券研究所

图 30：华为 Mate 30 Pro 后置摄像头配置



数据来源：华为官网，东吴证券研究所

2.1. 多摄势不可挡，拉动镜头整体需求

镜头的量变造就图像的质变，多摄成行业趋势。受限于手机外观、硬件，单个手机镜头难以像相机镜头一样，在测距、变焦、感光等方面同时具备较好的性能。于是手机厂商另辟蹊径，在手机上另外搭载一个不同性能的镜头同时拍照，利用手机上的算法将

两张图片融合成一张图片，以华为 P9 的彩色镜头+黑白镜头组合为例，彩色镜头主要拍摄整体彩色画面，黑白镜头主要负责捕捉更多细节，最后合成的照片画质更棒，细节更清晰。随着广角、长焦、超感光等镜头的研发，手机上可以搭载更多种类的镜头，三摄、四摄、五摄陆续出现，各种镜头组合方案百花齐放，多摄已成为行业趋势。

图 31：各品牌多摄组合方案

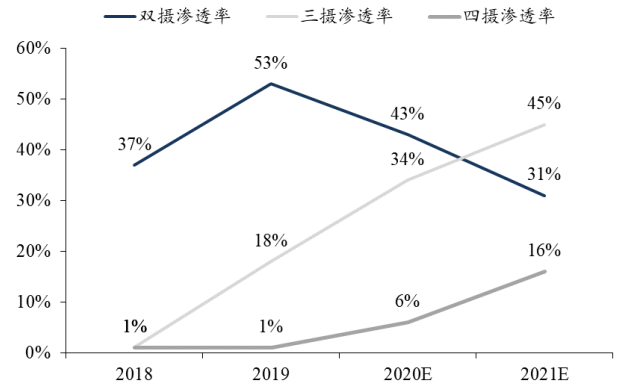
	核心需求	代表机型图片	组合方案	优势	主要机型
双摄	加强画质和深度测距	 iPhone X	彩色+彩色（大	计算景深，实现背景虚化	OPPO R11s
			彩色+黑白	提升暗光/夜景影像拍摄	华为 P9、P20
			广角+长焦	用于光学变焦	iPhone 7 系列、iPhone 8 系列、iPhone
			广角+超广角	用于三维重建	iPhone 11、Galaxy S10e
三摄	实现焦段的全覆盖	 iPhone 11 pro	彩色+黑白+长焦	长焦的载入让景深和虚化达到更好的效果	华为 P20 pro、Mate20
			广角+超广角+	多个焦段自由切换	iPhone 11 pro、iPhone 11 pro Max、
			广角+广角+TOF	多重提升夜拍画质	OPPO R17 pro
四摄	强调 3D 视觉和创新	 华为 Mate30 pro	超广角+超感光+长焦+TOF	强化了手机的视频能力和暗光拍摄能力	华为 Mate30 pro
			超感光+超广角+潜望式长焦+TOF	提高变焦、暗光拍摄效果、优化背景虚化	华为 P30 pro
五摄	强调高倍变焦和深度感知物体信息	 华为 P40 pro+	超感知+超远距双目变焦组合+超广角+TOF	超清画质，高倍变焦，深度感知物体深度信息	华为 P40 pro+

资料来源：中关村在线，东吴证券研究所

手机多摄趋势明显，渗透率有望超 6 成。出于手机拍照的追求，单机镜头配置数量增长，更多的手机将会配置三个或四个镜头。根据 IDC 数据，2018-2021 年，安卓手机的双摄渗透率在 2019 年达到 53%，之后将开始下降，到 2021 年将下降至 31%，但三摄

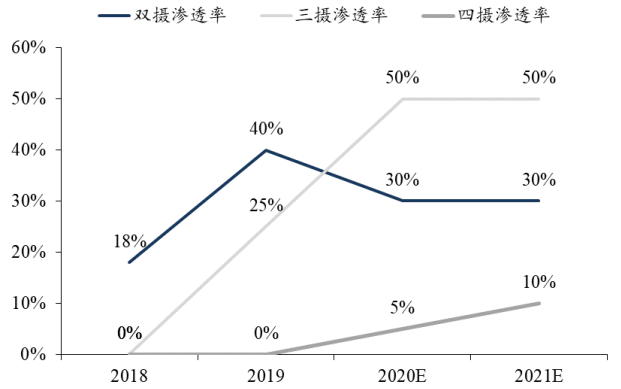
与四摄的渗透率将迅速上升，2021 年分别为 45%和 16%。苹果的多摄渗透率和安卓系有同样的规律，双摄 2019 年后开始下降，多摄渗透率逐步提升，预计 2021 年苹果三摄、四摄渗透率分别为 50%和 10%。不难看出，安卓系和苹果多摄渗透率都将在 2021 年超过 60%，多摄手机在未来将占据绝对主导地位。

图 32：2018-2021 年安卓系摄像头渗透率及预测



数据来源：IDC，东吴证券研究所

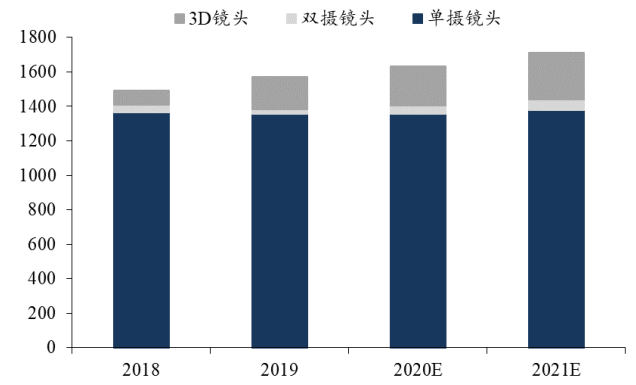
图 33：2018-2021 年苹果摄像头渗透率及预测



数据来源：IDC，东吴证券研究所

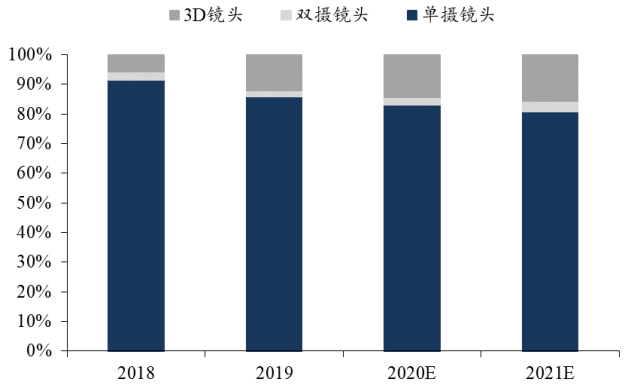
前置 3D 摄像有望增加。根据 IHS 数据，2018-2021 年，前置单摄镜头、双摄镜头出货量基本稳定不变，而 3D 镜头出货量将 0.85 亿颗增长 2.7 亿颗，其占比也由 5.65%升至 15.64%。

图 34：2018-2021 年前置摄像头出货量（百万颗）



数据来源：IHS，东吴证券研究所

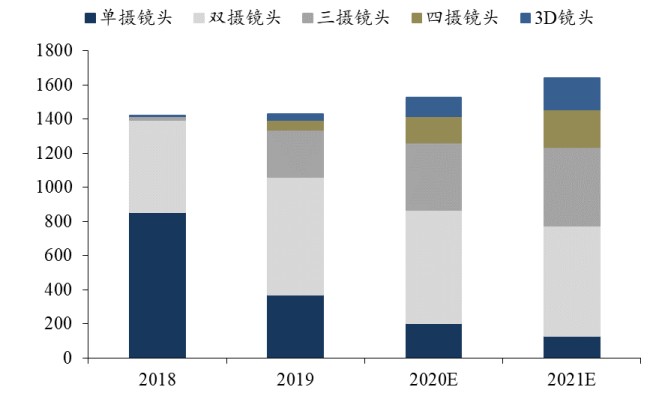
图 35：2018-2021 年前置镜头占比及预测



数据来源：IHS，东吴证券研究所

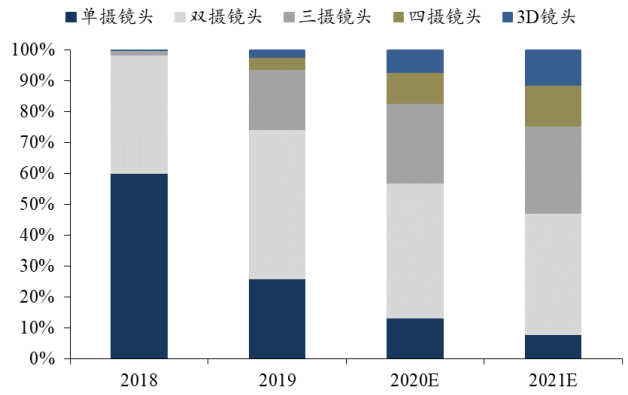
后置多摄出货增长，行业维持高景气度。根据 IHS 数据，2018-2021 年，后置单摄镜头出货量将从 8.53 亿颗大幅降至 1.31 亿颗，后置双摄镜头出货量变动不大，后置三摄镜头、四摄镜头以及 3D 镜头出货量将分别从 0.21/0/0.01 亿颗分别增至 4.62/2.18/1.85 亿颗。后置三摄、四摄镜头以及 3D 镜头出货占比分别将从 1.48%/0.00%/0.07%分别增至 28.15%/13.28%/11.27%。

图 36：2018-2021 年后置摄像头出货量（百万颗）



数据来源：IHS，东吴证券研究所

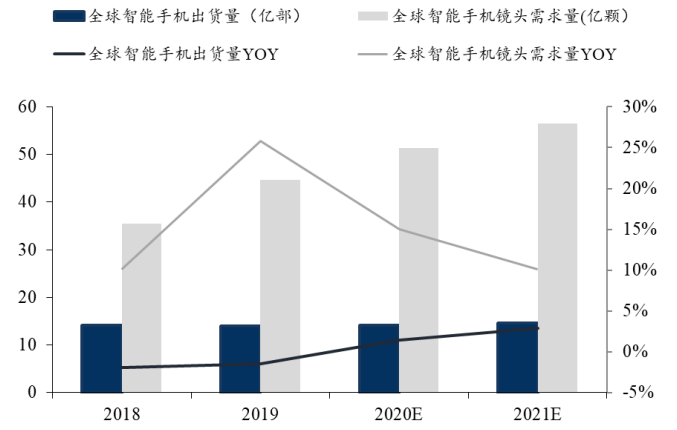
图 37：2018-2021 年后置镜头占比及预测



数据来源：IHS，东吴证券研究所

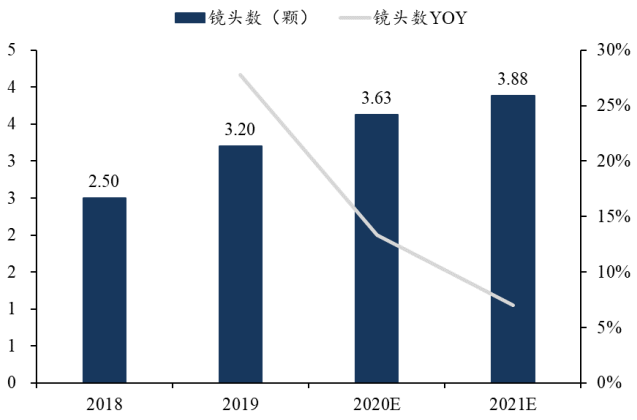
手机存量市场下，光学升级推动镜头需求量稳定增长。根据 IHS 数据，2018-2021 年，全球智能手机出货量将从 14.17 亿部增长至 14.56 亿部，CAGR 为 0.91%；全球智能手机镜头需求量将从 35.47 亿颗升至 56.50 亿颗，CAGR 为 16.79%。经过我们计算，平均每部智能手机镜头数将从 2.50 颗升至 3.88 颗，CAGR 为 15.78%，说明在人口红利消失，手机进入存量时代下，单机平均镜头数仍然将保持稳健增长，手机多摄增加已然成为趋势。

图 38：2018-2021 年全球手机出货量与镜头需求量



数据来源：IHS，东吴证券研究所

图 39：2018-2021 年单机平均镜头数及增速



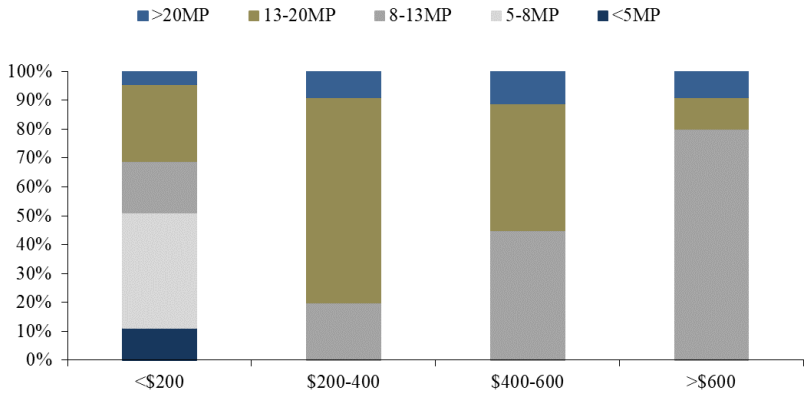
数据来源：IHS，东吴证券研究所

2.2. 单镜头多元化升级，CIS 及镜片有望充分受益

像素是手机厂商镜头升级的重要方向。像素是摄影的基础，像素越高，照片分辨率就越大，镜头对画面的解析能力就越强。根据 Yole 数据，2017 年$200 以上价位的手机中，8-13MP、13-20MP 像素的摄像头成为主流，两者占比合计达到 90%，手机千万像素成为普遍现象。2015-2019 年，华为手机前置、后置像素同步升级，前置主摄像素自 8MP 升至 32MP，后置主摄像素自 13MP 升至 40MP,2019 年推出的 Mate 30 Pro 搭载前

置 32MP，后置广角双 40MP+长焦 8MP+TOF 四摄镜头，而小米新推出的 CC9 Pro 前置像素达到 32MP，后置主摄像素达到 108MP，像素成为手机的重要卖点，也是手机的关键参数，未来升级化趋势不可避免。

图 40：2017 年不同价位手机摄像头像素分布



数据来源：Yole，东吴证券研究所

图 41：华为手机像素升级过程

推出时间	机型	后置像素	前置像素
2015	P8	13MP	8MP
	Mate 8	16MP	8MP
2016	P9	12MP+12MP	8MP
	Mate 9	12MP+20MP	8MP
2017	P10	12MP+20MP	8MP
	Mate 10	12MP+20MP	8MP
2018	P20	12MP+20MP	24MP
	P20 Pro	40MP+8MP+20MP	24MP
	Mate 20	12MP+8MP+16MP	24MP
2019	P30	40MP+8MP+16MP	32MP
	P30 Pro	40MP+8MP+20MP+TOF	32MP
	Mate 30	40MP+8MP+16MP	24MP+TOF
	Mate 30 Pro	40MP+8MP+40MP+TOF	32MP+TOF
2020	P40	50MP+16MP+8MP	32MP+红外
	P40 Pro	50MP+40MP+12MP+TOF	32MP+景深

数据来源：华为官网、东吴证券研究所

高像素时代下，CIS 为摄像头行业首选。成像过程中，手机镜头先捕捉画面，转化成电信号，再由图像传感器将电信号转化成数字信号，经过 DSP 处理后，再形成图片，图像传感器在其中的作用至关重要。图像传感器可分为 CCD（电荷耦合器件）和 CMOS（互补金属氧化物半导体）传感器（CIS）两种。CCD 灵敏度高、分辨率高、噪音小，但是 CIS 能耗低、体积小、重量轻、集成度高、价格低，而且经过像素与 CMOS 的迭代升级，在高感光度下也能有很好的成像质量，所以 CIS 已成为摄像头首选方案。

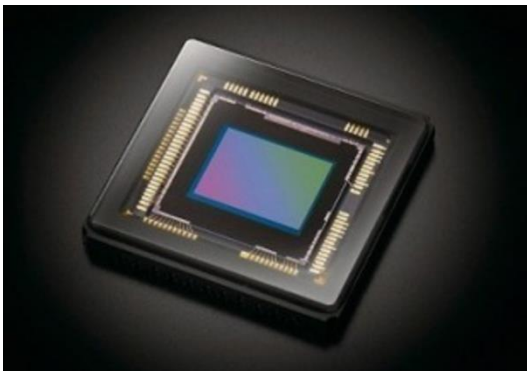
图 42：CCD 与 CIS 对比

	CCD	CIS
工作原理	电荷信号先传送，后放大，再 A/D	电荷信号先放大，后 A/D，再传送
成像质量	灵敏度好，分辨率好，噪音小	灵敏度低，噪音明显（高感光度下表现好）
制造工艺	复杂	相对简单、成本合格率高
制造成本	高	低
耗电量	高（驱动电压高）	低（高融合度，体积小）
处理速度	慢	快

数据来源：智研咨询，东吴证券研究所

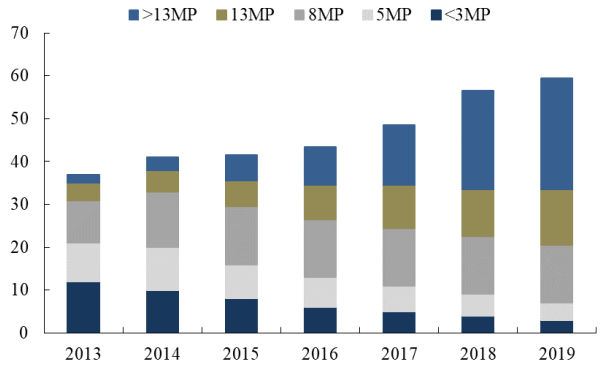
高像素 CIS 出货量激增。随着高像素镜头用量增加，与之匹配的高像素 CIS 出货量也同步上升，根据 Yole 及观研天下数据，2013-2019 年，5MP 及以下的 CIS 出货量自 21 亿个降至 7 亿个，13MP 像素及以上的 CIS 出货量自 6 亿个大幅增长至 39 亿个，高像素 CIS 出货量迅速提升。

图 43：CIS



数据来源：谷歌图片，东吴证券研究所

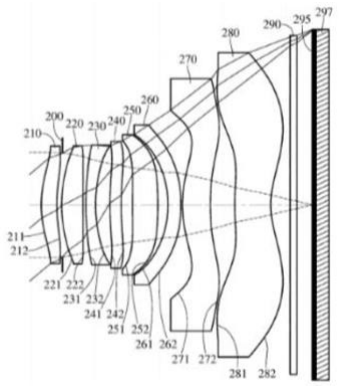
图 44：手持设备 CIS 出货量按像素分布（亿个）



数据来源：Yole，观研天下，东吴证券研究所

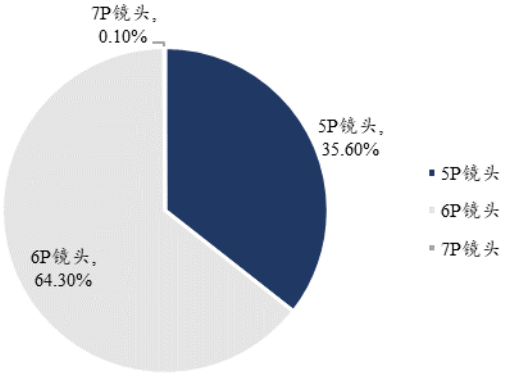
镜片数逐步拉升，6P 向 7P、8P 演进。当光线通过镜头的镜片时，镜片可以过滤杂光，镜头片数提升，图像对比度与解析度越高，成像越清晰、真实；另外，受限于手机摄像头模组体积，镜头移动范围与焦距较短，可利用多镜片镜头去模拟超短焦距的镜头，为了优化成像效果，镜头将有望从目前主流的 6P 镜头向 7P、8P 镜头演进。根据华经产业研究院数据，2018 年中国智能手机中，35.6%的智能手机主摄像头镜片为 5P 镜头，64.3%的手机主摄为 6P 镜头，0.1%的手机主摄为 7P 镜头。2018 年推出的 OPPO R17 Pro、2019 年推出的小米 9 透明探索版、华为 P30 Pro 等都已搭载 7P 镜头，2019 年小米发布的 CC9 Pro 还是首款使用 8P 镜头的手机。

图 45：大立光 8P 镜头专利



数据来源：USPTO，东吴证券研究所

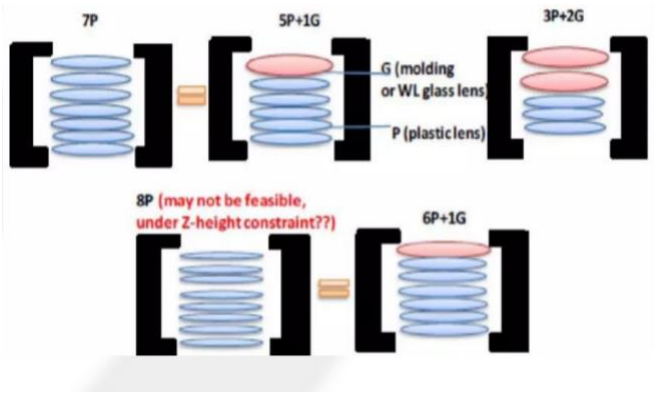
图 46：2018 年中国智能手机主镜头分类占比



数据来源：华经产业研究院，东吴证券研究所

玻塑混合镜头突破瓶颈，有望应用于主流高端机型。目前常见的摄像头有塑料镜片和玻璃镜片，塑料镜片成本低、易批量生产，成为手机镜头的主流，但其成像清晰度有限，失真率过高，难以跟上目前手机摄像头超高像素趋势。玻璃镜片性能更好，但其量产难度大，生产成本高，难以在手机领域广泛应用。为了让图像更加清晰真实，目前已发展到 8P 镜头，但镜片太多，镜头厚度会相应增加，不利于手机轻薄化，而且塑料镜片清晰度有限，太多塑料镜片也会提高失真率，此时玻塑混合镜片的出现突破了性能瓶颈。玻塑混合镜头将塑料镜片和玻璃镜片混合使用，成像清晰度比塑料镜片高，成本也介于塑料镜片与玻璃镜片之间，6 片塑料镜片+1 片玻璃镜片组成的玻塑混合镜头成像效果与 8 片塑料镜片相当，但其镜片数少，镜头厚度有所改善，所以玻塑混合镜头有望应用于主流旗舰机型。

图 47：玻塑混合镜头



数据来源：ittbank，东吴证券研究所

请务必阅读正文之后的免责声明部分

图 48：不同材质镜片参数对比

特点	塑料镜片	玻璃镜片	玻塑混合镜片
工艺难度	低	高	居中
量产难度	低	高	居中
生产成本	低	高	居中
热膨胀系数	高	低	居中
重量	轻	重	居中
透光率	89%-92%	99%	介于两者之间
主要下游应用	手机	高端安防、监控、车载	手机、高端安防、监控、车载
代表企业	大立光、玉晶光、舜宇光学	腾龙、富士能、福建福光	舜宇光学、凤凰光学

数据来源：Global Market Monitor，东吴证券研究所

2.3. 潜望式镜头解决光学变焦瓶颈，有望成市场主流

传统手机镜头变焦方式难以满足远景拍摄。变焦可以理解为使物体在图像中显示的效果变得更近或更远，通过放大可以让我们通过更近的距离拍摄目标，而缩小则可以拍摄到更广阔的空间。手机变焦主要分为光学变焦、数码变焦与混合变焦。光学变焦通过改变镜头间的距离实现变焦，效果较好，但受限于手机厚度。数码变焦是对原有画面进行场景切割，会将像素放大，照片的质量有明显的降低，通常利用 AI 算法弥补缺陷。混合变焦结合光学变焦、数码变焦以及软件算法，当变焦需求超过镜头的物理极限时，就可以从光学变焦切换成数码变焦，实现更好的效果，但还是受限于手机厚度。在手机轻薄化趋势下，清晰的光学变焦倍数与混合变焦倍数非常小，数码变焦倍数较大，但清晰度有限。

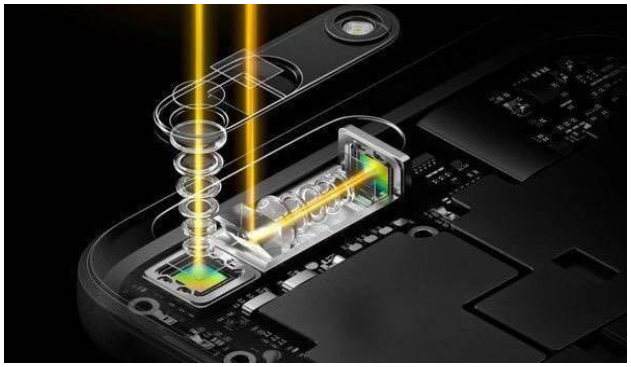
图 49：光学变焦与数码变焦



数据来源：谷歌图片，东吴证券研究所

潜望式镜头实现高倍清晰变焦。潜望式镜头是将长焦镜头横向排列，与广角镜头形成垂直布局，利用棱镜折射实现成像，能够在保证手机薄型外观的同时，大幅增加摄像头焦距，但镜头色散抑制是难点，这就对棱镜的折射透光率、摆放精度要求非常高。

图 50：潜望式镜头结构



数据来源：飞象网，东吴证券研究所

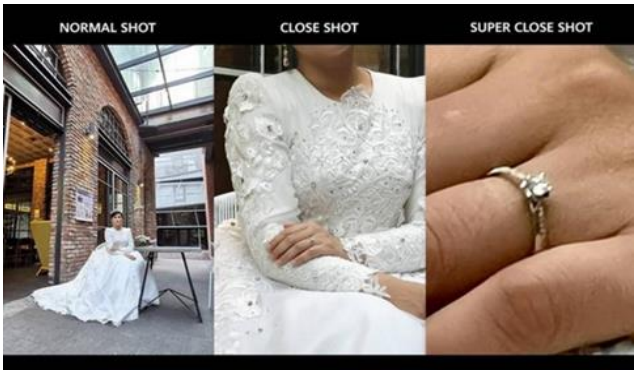
图 51：潜望式镜头介绍

潜望式镜头	
设计原理	长焦镜头横向排列，与广角镜头形成垂直布局，利用棱镜折射实现成像
优点	保证手机的薄型外观的同时，大幅增加摄像头焦距，更好地实现光学变焦；便携，防尘，抗震，相对省电
缺点	由于镜头结构的限制很难达到大光圈设计，镜头色散不能够得到很好的抑制，对画质有一定影响，变焦速度较慢

数据来源：《摄像技术—什么是潜望式镜头》，东吴证券研究所

多款手机已搭载潜望式镜头,未来市场前景广阔。目前华为 P30 Pro/P40 Pro/P40 Pro+、OPPO Reno 系列、Vivo X30 已搭载潜望式镜头。华为 P30 Pro/P40 Pro/P40 Pro+利用潜望式镜头，大幅降低四摄模组的厚度，实现 5-10X 光学变焦，远超传统的 2-3 倍光学变焦，可以清晰地拍摄更远处的场景。根据群智咨询数据，预计 2020 年全球配备潜望式镜头智能手机的出货量将达到 0.83 亿部，2023 年出货量有望突破 4 亿部，潜望式镜头成为光学变焦升级的一个重要方向。

图 52：华为 P30 Pro 样张



数据来源：飞象网，东吴证券研究所

图 53：Vivo X30 样张



数据来源：飞象网，东吴证券研究所

2.4. 手机 TOF 开启深度视觉新形态

2.4.1. 结构光与 TOF 成为 3D Sensing 主流

3D 结构光借助苹果打开消费电子市场。2017 年 9 月，苹果发布首款全面屏手机 iPhone X，支持面部识别，开启生物识别新潮流。3D 结构光方案也由此打开消费电子市场。目前 3D 人脸识别仍然是高端手机的必备配置。2019 年发行的 iPhone11 系列和华为 Mate 30 Pro 均采用了 3D 人脸识别和解锁方案，售价均在 5000 元以上。3D 人脸识别不仅用于手机解锁，还可以用于人脸支付，误识率低于百万分之一，反应时间仅 40ms，生成结果高度可靠。自苹果发布搭载结构光 3D Sensing 功能后，安卓阵营逐步推广 3D Sensing 功能，手机 TOF（Time of Flight）镜头配置应运而生。

图 54：iPhone 中的 Face ID 应用

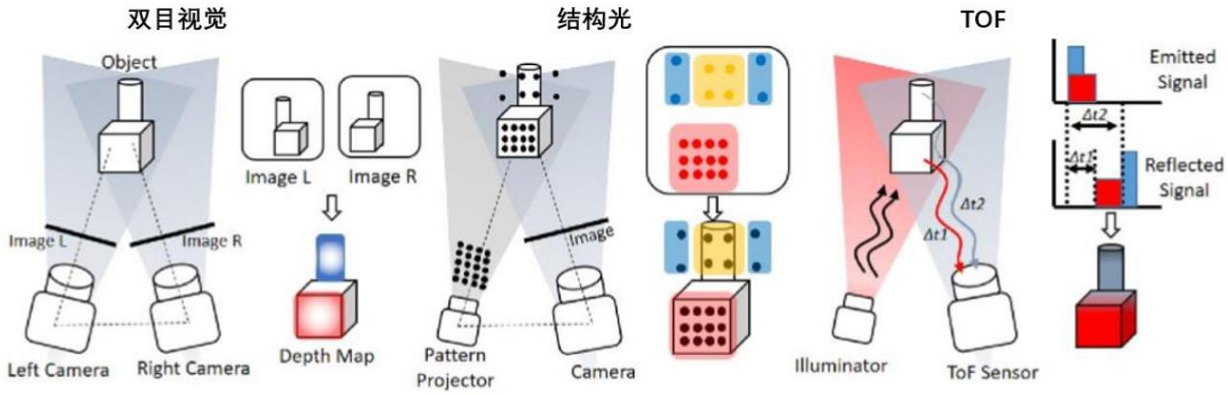


数据来源：苹果官网，东吴证券研究所

手机后置 TOF 运用和交互场景运用带动 TOF 渗透率提升。前置 3D 结构光方案主要被苹果采用，安卓端由于产业链尚不成熟，导入十分困难，后置 TOF 方案成为安卓厂商重点突破的方向，TOF 镜头是深度摄像头的一种，利用飞行时间进行测距。2018 年 8 月，OPPO 率先推出后摄中搭载 TOF 镜头的 R17/R17 Pro 两款手机，通过采集景深数据实现细腻的背景虚化效果，随后华为、Vivo 等手机品牌也在后置模组中搭载 TOF 镜头，用于增强拍摄效果，还在 3D、AR 等交互应用上进行延伸。2019 年，主流安卓手机厂商均推出了配置 TOF 镜头的手机机型，同时这种配置正在走向中低端机型，未来安卓手机厂商的 TOF 渗透率将进一步提升。

实现 3D Sensing 的技术有三种：双目立体成像、结构光和 TOF。其中结构光技术最为成熟，已经大规模应用于工业 3D 视觉领域，TOF 则由于自身特性快速在手机等移动终端加以应用。

图 55：3D Sensing 三种技术原理



数据来源：摄像头观察，东吴证券研究所

1）双目立体视觉是基于视差原理，并利用成像设备从不同的位置获取被测物体的两幅图像，通过计算图像对应点间的位置偏差，来获取物体三维几何信息的方法；

2）结构光技术原理是在激光器外放置一个光栅，激光通过光栅进行投射成像时会发生折射，从而使得激光最终在物体表面上的落点产生位移。当物体距离激光投射器比较近的时候，折射而产生的位移就较小；当物体距离较远时，折射而产生的位移也就会相应的变大。这时使用一个摄像头来检测采集投射到物体表面上的图样，通过图样的位移变化，就能用算法计算出物体的位置和深度信息，进而复原整个三维空间；

3）TOF 技术通过向目标发射连续的特定波长的红外光线脉冲，再由特定传感器接收待测物体传回的光信号，计算光线往返的飞行时间或相位差，从而获取目标物体的深度信息。

图 56：3D Sensing 三种技术对比

	双目立体视觉	结构光	TOF
原理	测距配合三角测量	单相机和投影条纹斑点编码	红外光反射时间差
识别距离	短	短	长
成本	低	高	低
优势	几乎不受日光及透明屏障影响	技术精度高；环境适应性好；耗能低	抗干扰性强；响应速度快；适用于动态场景
劣势	算法复杂；计算量大；对硬件要求高	容易受光照影响	成像分辨率低
场景运用	机器人视觉；医学成像；航空测绘	3D 人脸识别屏幕解锁、人脸支付；3D 建模	AR/VR 虚拟现实；车用导航；3D 建模

数据来源：ESM China，东吴证券研究所

目前主流应用技术为结构光与 TOF。结构光与 TOF 技术由于原理差异，应用领域也不相同。结构光由于测距较近、对照明系统要求较高，适用于安全性要求高而测量距离较近的场景，比如人脸识别、AOI 检测等，苹果是目前结构光技术应用的主力军，预

计未来苹果新机在前置将继续延用结构光方案。而 TOF 凭借其不容易受外界光干扰、刷新响应速度快的特性适用于测量远距离场景，除了手机之外应用范围广泛，比如 3D 建模、游戏、汽车导航、AR 等，未来 TOF 在单部手机上的应用也会增多，目前华为 Mate30 Pro 机型已经配置前后 TOF 镜头，单机光学价值量大幅提升。

图 57：iPhone 12 渲染图



数据来源：谷歌图片，东吴证券研究所

图 58：华为 Mate30 Pro

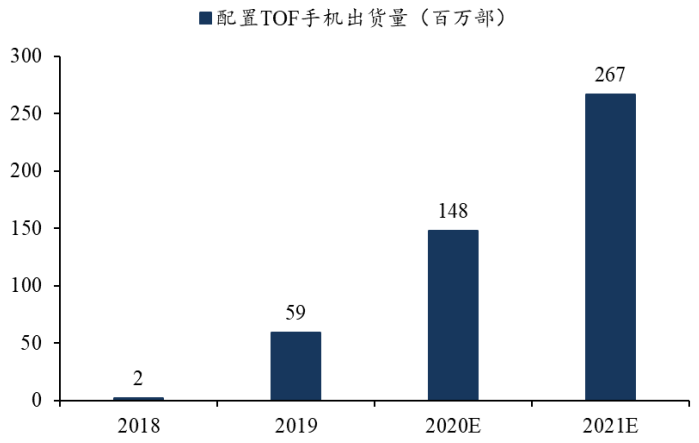


数据来源：华为官网，东吴证券研究所

2.4.2. 后置 TOF 镜头将成为标配

苹果发布 TOF 新机将推动 TOF 技术应用进程。根据 DigiTimes 报告，2020 年发布的 iPhone 将搭载 ToF 传感器。近期受新冠疫情影响，手机终端及供应商上下游市场遭受重创，手机市场出货量衰退，TOF 订单也由此受到影响。但对 TOF 市场而言，随着下半年苹果发布 TOF 新机，TOF 技术应用将迎来拐点，苹果在手机市场上具有重要的地位，后期的 TOF 应用将会受苹果影响变得更加成熟和普及。根据 IDC 和旭日大数据的预测，预计 2020 年配置 TOF 的手机出货量有望达到 1.48 亿部，2021 年将达到 2.67 亿部。

图 59：配置 TOF 手机出货量（百万部）

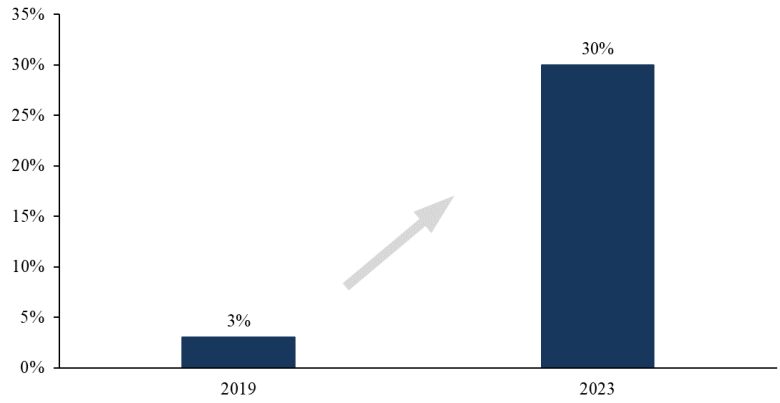


数据来源：IDC，旭日大数据，东吴证券研究所

5G 时代搭载 TOF 镜头将成为未来趋势。从人脸识别到 AR/VR 虚拟现实，TOF 有

望接力结构光，带来手机产业的全新升级，前置人脸识别+后置虚拟现实功能可能成为手机下一个发展趋势。对手机来说，TOF 比结构光更适合于 3D 视觉成像技术。TOF 前置镜头也能应用于面部识别解锁，加上 TOF 自身的优良特性，用户体验好，而且 TOF 成本较低，应用范围更广，更为手机厂商所青睐，越来越多的厂商开始尝试后置摄像头 TOF 方案。5G 商用为手机 3D 视觉的应用迎来新的发展机遇。在 5G 技术的支持下，TOF 镜头将会逐步运用以满足 VR/AR 游戏场景等需求，5G 时代搭载 TOF 镜头将成为趋势。根据 Techno Systems Research 数据，2019 年采用 TOF 的智能手机渗透率为 3%，到 2023 年渗透率有望突破 30%，成为中高端机型的标配。

图 60：TOF 手机渗透率

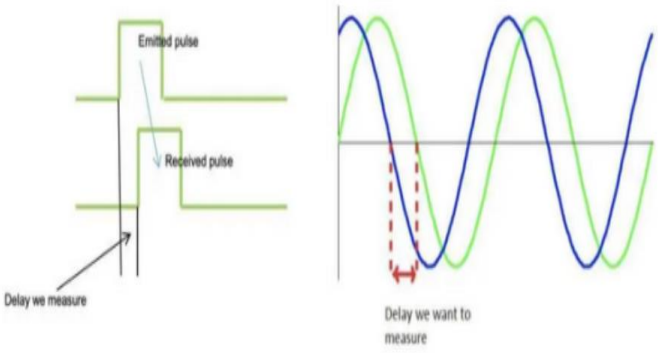


数据来源：Techno Systems Research，东吴证券研究所

2.4.3. dToF 性能优越，5G AR 大潮下有望成为市场主流

iTOF 和 dTOF 原理各不相同。激光雷达发射的光波存在两种调制方式：直接飞行时间（dToF）测量和间接飞行时间（iToF）测量，dToF 和 iToF 的原理区别主要在于发射和反射光的区别。dToF 即直接发射一个光脉冲，之后测量反射光脉冲和发射光脉冲之间的时间间隔，就可以得到光的飞行时间。而 iToF 发射的并非一个光脉冲，而是调制过的光，由于接收到的反射调制光和发射的调制光之间存在相位差，通过检测该相位差就能测量出飞行时间，从而估计出距离。

图 61：dToF（左）与 iToF（右）测距原理



数据来源：电子发烧友，东吴证券研究所

SPAD+TDC 是 dTOF 成败关键。在具体的实现上，dToF 相较于 iToF 来说难度要大很多。dToF 的难点在于要检测的光信号是一个脉冲信号，因此检测器对于光的敏感度比需要非常高。常见的 dToF 传感器实现是使用 SPAD（single-photon avalanche diode，单光子雪崩二极管）。此外，从读出电路来看，dToF 需要能分辨出非常精细的时间差（通常使用 time-to-digital converter，TDC 来实现）。例如如果需要实现 1.5cm 的测距精度，则 TDC 的分辨率需要达到 10ps，这并不容易。总体而言，dTOF 拥有响应快、功耗低、精度高等优势，未来有望成为 TOF 主流技术趋势。

图 62：iToF 与 dToF 性能对比

	iToF	dToF
名称	indirect time of flight	direct time of flight
原理	测相位偏移法	SPAD+TDC，即单光子雪崩二极管+时间数字转换电路
优势	原理简单；系统集成简单；成本低	ps 级时间分辨率，10ps*3*10^8m/s=3mm；精度不随距离增加而下降（理论层面）；超低功耗；抗干扰能力强；无需模数转换，
劣势	精度偏低，精度随距离下降；功耗大，距离增加功耗大幅增加；多路径干扰；模拟电路架构；标定相对复杂	SPAD 工艺复杂，资源少；系统集成难度高；成本高

数据来源：电子发烧友，东吴证券研究所

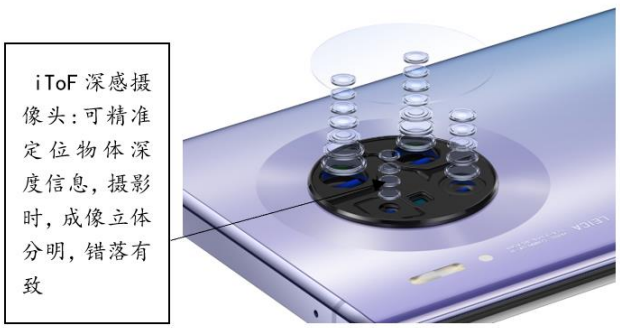
dToF 进一步提升 AR 体验。目前苹果 iPad Pro 用的是 dToF 技术，而华为 Mate30 pro、vivo NEX 等手机采用的是 iToF 技术。安卓手机利用 iToF 技术主要是提升照片的立体感，如华为 Mate30 pro 的 ToF 镜头可精准定位物体深度信息，摄影时成像立体分明，错落有致。而 2020 款 iPad Pro，使用了一颗激光雷达 dToF 镜头，AR 体验的精准度、流畅度将大大提高，功耗也会大幅降低，助力了 iPad Pro 展示在 AR 方面强大的应用，例如，Apple Arcade Hot Lava 游戏中，iPad Pro 可以更快更准确地为客厅建模以生成游戏表面。

图 63：iPad Pro 的 dTOF 摄像头



数据来源：苹果官网，东吴证券研究所

图 64：华为 Mate30 pro 的 iToF 摄像头



数据来源：华为官网，东吴证券研究所

催生 5G 时代 AR 杀手级应用，dToF 有望成为主流。随着 5G 网络逐步普及，VR/AR 显示延迟将得到完美解决，在 5G 网络的加持之下，VR/AR 将应用在娱乐游戏、医疗、国防军事、航空航天、智慧城市、装备制造、电视直播等众多领域中，谁能抓住 VR/AR，谁就能在 5G 时代大放异彩。dToF 的相对于 iToF 测量精准、分辨率高、响应快、功耗低、抗干扰能力强，技术优势非常明显，是进化版的 ToF 镜头，可以配合更多 AR 应用，未来有望以其技术优势在应用层催生 AR 杀手级应用，在 5G 浪潮下推动 AR 产业快速发展。与此同时 AR 的普及也将推动 dToF 的广泛使用，成为未来 TOF 技术主流趋势，也为 TOF 镜头自身上游供应链带来新的机遇。

3. 全面屏+5G 推动光学新市场扩张

3.1. 全面屏时代屏下指纹识别开启新解锁方式

3.1.1. LCD 光学屏下指纹有望 2020 年量产

指纹识别是生物特征识别技术中的一种。生物特征识别技术是指利用人体的生理特征或行为特征来进行个人身份鉴定，可用的生物特征识别技术有指纹、人脸、声纹、虹膜等。其中，指纹识别在生物特征识别技术中应用较为广泛。近年来，指纹识别技术逐步应用到智能手机上，成为支持手机解锁、在线支付的重要技术之一。

屏下指纹方式兴起。如今，由于手机全面屏技术的突破，屏下指纹应运而生。屏下指纹技术(Fingerprint on Display, FOD)，是指在屏幕玻璃下方完成指纹采集并完成识别的新技术，主要利用光学、超声波等穿透技术，穿透各种不同的材质，从而达到识别指纹的目的。屏下指纹识别比较稳定，可以较大程度地降低手指污垢、油脂以及汗水对解锁的影响。屏下指纹主要有两种：光学屏下指纹和超声波屏下指纹。光学屏下指纹抗环境光干扰性强，但是指纹识别容易受污渍影响；超声波屏下指纹识别抗污渍能力较强，但成像质量低，识别率也有待提升。

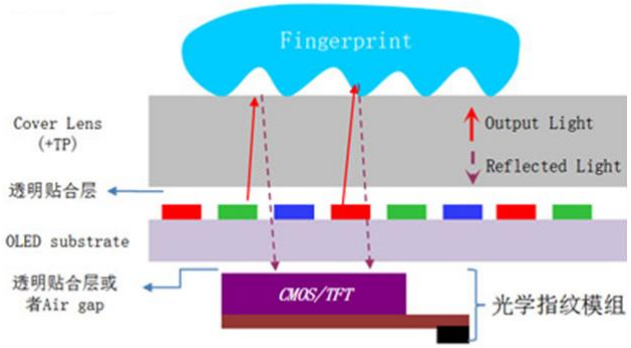
图 65：屏下指纹识别技术对比

	光学屏下指纹识别	超声波式屏下指纹识别
适用屏幕	OLED	柔性OLED
成本	较高	高
功耗	高	低
供应商数量	多	较少
优点	环境光抗干扰性强；极端环境下稳定性好	穿透性强；安全性强；抗污渍和污染能力强
存在问题	湿手识别率低；指纹识别区域屏幕易老化；抗污渍能力差	成像质量低，识别准确率有待提升；受穿透距离的限制
主要玩家	汇顶科技、Synaptics	高通、FPC、Qualcomm

数据来源：电子发烧友，东吴证券研究所

光学屏下指纹有望大规模应用于 LCD。光学屏下指纹目前大部分是用在 OLED 屏幕上，其原理是当用户按压 OLED 屏幕后，OLED 产生的光线会照射手指纹理，然后光线再反射到屏幕下的指纹识别传感器上，产生指纹图像，进而与数据库进行对比分析，最终识别指纹。目前光学屏下指纹识别技术成熟，是屏下指纹识别的主流。智能手机使用的光学屏下指纹放弃了传统光学系统，改用手机屏幕作为光源，因此自发光的 OELD 屏幕一直是光学屏下指纹的选择。但在 2019 年，LCD 屏下光学指纹方案有所突破。2019 年 4 月底，国内厂商阜时科技展示了 LCD 屏的屏下指纹解锁方案，之后友达宣布推出全球首款全屏幕光学指纹识别 LCD 屏幕，同年 6 月京东方副总裁刘晓东表示京东方 LCD 屏下光学指纹感测技术已研发成功。2020 年初，汇顶科技 CEO 张帆表示公司将在今年实现 LCD 屏下光学指纹方案的量产。

图 66：光学屏下指纹技术原理图



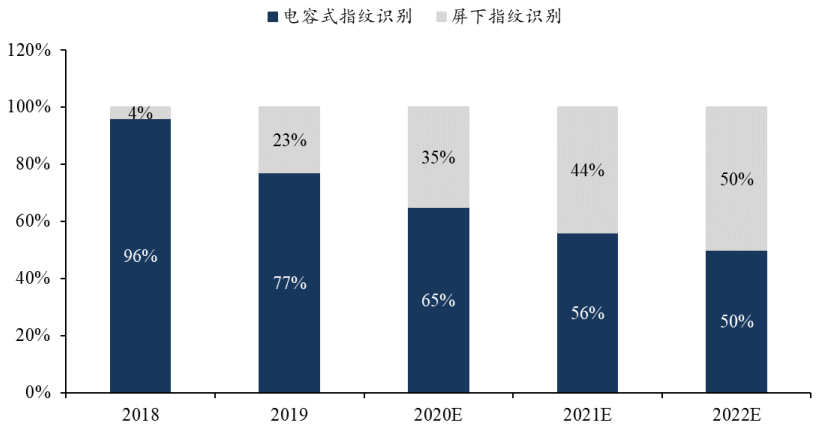
数据来源：电子发烧友，东吴证券研究所

3.1.2. 光学屏下指纹识别规模不断提升

屏下指纹识别应用规模显著扩大。以智能手机为例，智能手机呈现全面屏趋势，若采用电容式指纹识别方式，会造成手机设备外观的影响，近年来传统电容式指纹识别方式在手机上的应用占比快速下降，屏下指纹识别占比不断提升。根据 Trendforce 数据，2018 年屏下指纹识别在指纹识别中的占比仅为 4%，2019 年上升至 23%，到 2022 年有望达到 50%。

请务必阅读正文之后的免责声明部分

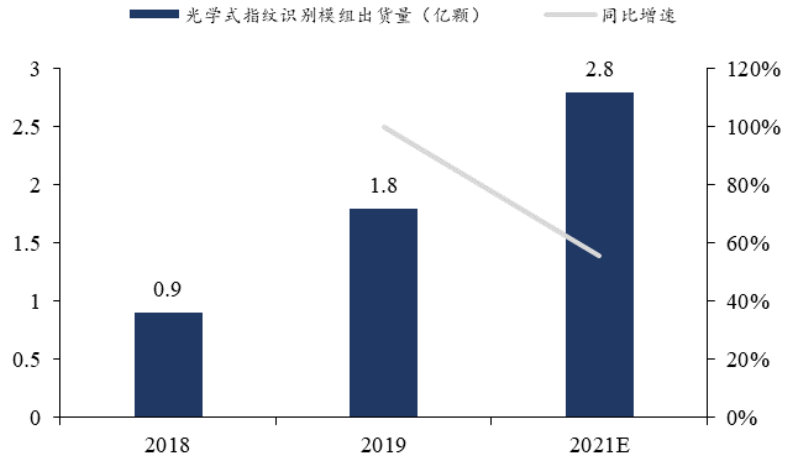
图 67：屏下指纹识别占比情况



数据来源：Trendforce，东吴证券研究所

全面屏需求驱动光学指纹渗透率提升。目前，光学指纹识别产业链成熟，供应商数量较多。光学式屏下指纹识别凭借其技术优势、成熟的供应链和良好的用户体验，取得了大部分的市场份额。根据 Trendforce 数据，2019 年屏下指纹识别中，光学占 82%，超声波占 18%。当下，全面屏手机已经成为智能手机选择的主流，随着光学屏下指纹识别技术的进一步成熟，成本会快速下降，运用光学屏下指纹方案的手机厂商会逐步增多。同时，随着 2020 年 LCD 屏下指纹识别方案量产，光学屏下指纹技术将会下沉到千元机的市场，渗透率将会得到快速提升。根据 IHS Markit 数据，2019 年光学式指纹识别模组的出货量为 1.8 亿颗，2021 年出货量有望超过 2.8 亿颗。

图 68：光学屏下指纹出货量及预测



数据来源：IHS Markit，东吴证券研究所

光学屏下指纹识别将成为指纹识别主流。根据 CINNO Research 预测，2024 年全球支持屏下指纹解锁的手机出货量将达到 12.6 亿部，对应 2019-2024 年 CAGR 为 89%。目前，光学式屏下指纹识别技术相对成熟，产业链内有众多供应商，市面上大部分全面屏手机运用的都是屏下光学指纹识别解锁方案，代表品牌有华为 P30 与 Mate30 系列、小米 9 系列等。随着相关技术和产业链进一步完善，加上 LCD 屏下指纹识别方案有望

在 2020 年实现商用突破，量产可期，光学屏下指纹成本会大幅降低，加速渗透市场。我们预计在未来光学屏下指纹识别都将是市场主流，有望占据市场绝对优势。

3.2. ADAS 渗透率提升，车载镜头市场空间广阔

车载摄像头应用广泛。光学镜头在汽车领域应用广泛，摄像头可将外部环境中车辆、行人、道路标志等相关信息进行及时反馈。自 2012 年以来，车载摄像头应用进入快速成长阶段，如车载摄像头取代后视镜，在座舱内通过液晶显示屏同步显示车身周围环境，保证安全驾驶。车载摄像头配合雷达、红外线等构成汽车辅助驾驶系统，包括倒车辅助影响，行车监控录像等，为驾驶者提供更为全面的安全保障。

图 69：车载镜头应用



数据来源：Socionext，东吴证券研究所

图 70：车载镜头位置分布



数据来源：汽车之家，东吴证券研究所

车载镜头是自动驾驶功能实现的必备传感器。智能驾驶旨在通过人工智能、全球定位、雷达监控等技术支持，辅助或替代人类直接参与到机动车辆的驾驶过程。其中，高级驾驶辅助系统（ADAS）是自动驾驶的主流发展趋势，这一系统将通过安装在车身上的激光雷达、单/双目摄像头等多种传感器，收集行车过程中外部环境数据，结合导航仪地图，运用算法加以系统性运算和分析，做出相应行为判断并及时告知驾驶者，保障汽车安全驾驶。随着汽车驾驶自动化发展，特别是 ADAS 渗透率提高，车载镜头成为 ADAS 车道偏离预警、交通标志识别等众多功能实现的必备传感器组件。根据安装位置的不同，可分为前视、后视、环视、侧视、内置五种，将与雷达等其他车载传感器共同作用，感知汽车行驶过程中的环境变化，进行动态、静态物体识别、侦测及追踪，从而预先告知驾驶者潜在风险，以提升驾驶的安全性及舒适性。

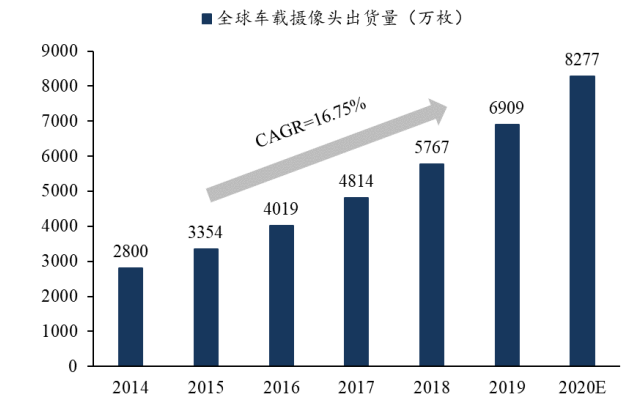
图 71：ADAS 车载摄像头功能

安装位置	摄像头类型	ADAS 功能实现	具体功能描述
前视	单目/双目	车道偏离预警 LDW 前向碰撞预警 FCW 行人碰撞预警 PCW 车道保持辅助 LKA 交通标志识别 TSR	安装在车内后视镜上或者前挡风玻璃上较高的位置以获得较好测距功能
后视	广角	泊车辅助 PA 全景泊车 SVP	安装在后尾箱上，以将车尾影像显示在驾驶舱内
环视	广角	全景泊车 SVP	安装在车身周围的超广角摄像头，以采集车辆四周影像，利用图像拼接技术组合成周边全景图，助泊车开启“上帝视角”
侧视	广角	盲点检测 BSD 全景泊车 SVP 交通标志识别 TSR	安装在后视镜下方，将后视镜盲区影像显示在驾驶舱内
内置	广角	驾驶员检测系统 DM	安装在车内后视镜处，以检测驾驶员是否疲劳、闭眼

数据来源：焉知汽车科技，汽车之家，东吴证券研究所

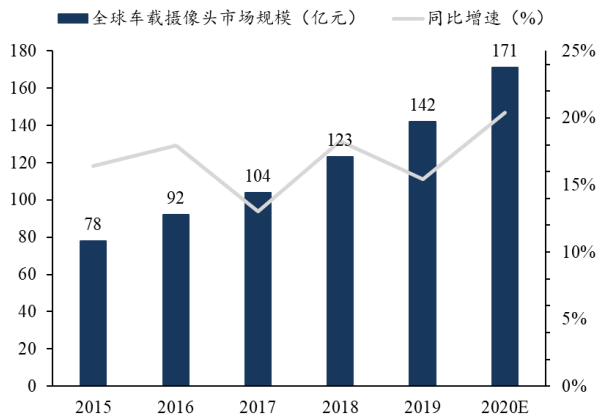
智能驾驶将驱动车载镜头需求增长。一般来说，ADAS 系统功能完整实现需要单车配备至少 6 个摄像头，随着自动驾驶化程度提升，将驱使车载摄像头数量增长。目前特斯拉 Autopilot2.0 使用 8 颗摄像头,其中包括 3 个前视、3 个后视及 2 个侧视，索尼首次对外公布的智能汽车产品“VISION-S”在车身内外嵌入 33 个传感器，其中包括 12 个车载摄像头，为驾驶者提供全景影像，以全方位保证车辆行驶安全。自动驾驶技术将有效促进驾驶安全，美国、日本等多国政府鼓励安装 ADAS 系统，进而加速 ADAS 技术渗透，车载摄像头需求将保持强劲，加之汽车市场规模基数较大，车载镜头市场规模将进一步提升。根据 IHS 及智研咨询数据， 2014-2020 年，全球车载摄像头出货量将从 2800 万枚增长到 8277 万枚，CAGR 将达到 16.75%，2015-2020 年，车载摄像头市场规模将从 78 亿元增长到 171 亿元，CAGR 为 13.98%。

图 72：全球车载摄像头出货量及预测



数据来源：IHS，智研咨询，东吴证券研究所

图 73：全球车载摄像头市场规模及预测



数据来源：IHS，智研咨询，东吴证券研究所

3.3. 光波导成为 AR 成像主流技术，AR 有望向 C 端普及

AR/VR 终端产品类别多样，一体机将成为发展方向。增强现实技术（Augmented Reality,简称 AR）是一种实时计算摄影机影像位置及角度，通过结合图片、视频、3D 模型等在屏幕上实现虚拟环境和现实世界结合互动的技术；虚拟现实技术（Virtual Reality,简称 VR）则可以通过计算机仿真系统模拟虚拟世界，提供交互式的三维实景和实体行为，以便于用户沉浸环境中进行体验。目前，市场上的 AR/VR 产品大致可分为移动端头戴显示设备、外接式头戴设备及一体机式头戴设备三类，其中移动端头戴设备生产成本低，使用门槛低，是入门体验级 VR 产品；外接式头戴设备依靠外接设备为用户呈现高沉浸感 VR 效果及极佳的体验感，是目前市场上的主流 VR 产品；一体式头戴设备兼顾性能和轻便性，对生产工艺技术要求较高，是未来 AR/VR 产品发展的主要方向。

图 74：AR/VR 终端代表性产品

类型	移动端头戴显示设备		外接式头戴设备				一体机式头戴设备
产品	Cardboard	三星 Gear VR 5	索尼 PS VR	HTC Vive	Oculus Rift S	HoloLens 2	Oculus Quest
图样							
研发厂商	Google	三星	索尼	HTC	Oculus	微软	Oculus
发布时间	2013 年 2 月	2017 年 2 月	2016 年 10 月	2016 年 6 月	2019 年 3 月	2019 年 11 月	2019 年 3 月
价格	$15	$129	$399	$499	$399	$3,500	$399-$499
场视角	90°	101°	100°	110°	100°	120°	100°
特点	体验级 VR 产品，产品核心以透镜为主，通常以用户的手机代替处理器、显示屏、陀螺仪等结构		通常包含显示器、透镜、陀螺仪等核心构件，通过与主机连接以及丰富的遥控配件实现较好的使用体验				自带显示器、陀螺仪、计算模块机型
优点	成本较低，使用简单，普及率高		具备位置追踪(外置激光定位、外置图像处理定位、内置图像处理定位等)、无线控制等功能，主机处理能力强，游戏、视频等体验更为出色				脱离主机连线束缚，即开即用方便携带
缺点	对手机屏幕分辨率要求高，性能受到手机处理能力限制；针对不同手机兼容性要求高；缺乏互动性		价格高昂；系统兼容性要求高、安装、调试较为复杂；外部主机连线束缚，使用不方便				性能目前不如外接式头戴设备；成本高，技术门槛高，产品选择性较少

数据来源：各公司官网，东吴证券研究所

5G 浪潮推动万物互联，AR/VR 发展迎新机。随着 5G 时代到来，AR/VR 产业将进入新的发展阶段。目前，因受到通讯技术限制，AR/VR 产品存在动作延迟、分辨率较低，易产生晕眩感等问题，5G 通讯建设后，高带宽、传速快、低时延的网络特性将为

消费者带来全新用户体验。同时，借助于高速稳定的网络，5G+云渲染技术将提升图像渲染分辨率。华为 Cloud AR/VR 可以使得虚拟图像的生成从本地移动到云端，使终端使用更加操作简单，依托于云端的强大数据存储和计算处理能力，将减少 VR/AR 产品对高性能 CPU 的依赖，从而降低使用成本，促进 AR/VR 的广泛应用。

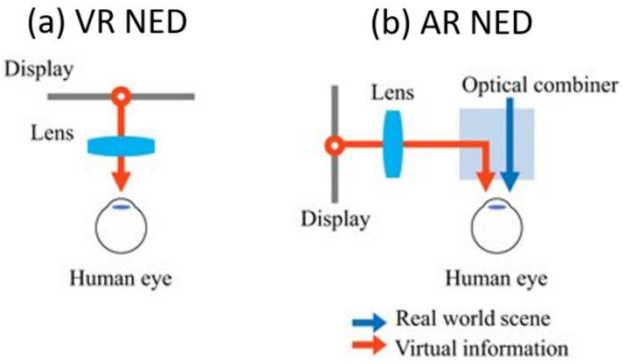
图 75：华为云 AR/VR 演进及连接需求



数据来源：华为官网，东吴证券研究所

微型显示器和光学元件组合是 AR 眼镜成像关键。一般来说，对于 AR/VR 等智能眼镜的硬件部分由近眼显示（NED）、应用处理系统（AP）、外观设计等构成,其中近眼显示(Near-eye Display,简称 NED)是 AR/VR 硬件设备的核心所在，旨在将显示器上的像素通过光学元件成像，形成虚像并投射在人眼中。其中，AR 相比于直接显示虚拟图像的 VR 技术来说，因其成像系统不能挡在视线前方，需要实现透视，所以需要多加一组光学组合器以“层叠”的形式，将虚拟信息和真实场景融为一体。目前，AR 眼镜的显示系统多为包括 LCOS、LBS、Micro OLED 等微型显示屏和棱镜、自由曲面、光波导、Birdbath 等光学元件的组合，这些光学元件是决定 AR 眼镜成像效果的关键。

图 76：AR/VR 近眼显示系统比较（NED）



数据来源：新浪 VR，东吴证券研究所

视场角大小和体积的之间的矛盾是 AR 眼镜技术痛点。AR/VR 设备成像质量不仅

取决于微型显示屏的分辨率，也会受到近眼光学设计的影响，包括视场角（Field of View，简称 FOV）、眼距（Eye Relief）、眼动范围（Eye Box）等。视场角大多不超过 30 度，近两年有新的技术突破，AR 眼镜成像时，视场角 FOV 越大，虚拟图像越大，沉浸感越强，然而，市面上的 AR 眼镜无论是采用棱镜还是自由曲面的组合方案都面临着的视场角越大，光学镜片越厚的技术痛点，平衡视场角大小和设备体积的之间的矛盾是 AR 眼镜亟需解决的技术问题。

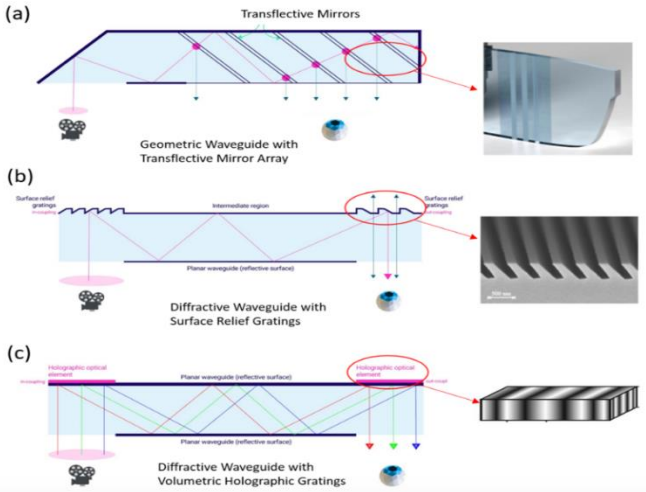
图 77：AR 眼镜光学显示系统组合比较

微型显示屏	显示镜面	代表产品	厚度	FOV	优缺点
LCoS	棱镜	Goole glass 	~10mm	~15度	价格便宜、体积小； 视场角小
Micro-OLED	自由曲面/Birdbath	Epson BT300 	~13mm	~40度	对比度高，分辨率高，色彩饱和， 视场角大，功耗较低； 外界透光率较低，体积适中
LCoS/DLP	光波导镜面	Hololens 	1~2mm	>40度	视场角大，分辨率高，外界透光率高； 功耗适中，显示色彩和对比度稍较差
LBS	全息反射薄膜	North Focals 	~10mm	~15度	体积下，功耗小，外界透光度高； 视场角小，对比度低，色彩较差， 虚像易受遮挡

数据来源：Rokid-R Lab，东吴证券研究所

光波导“全反射”无损成像成为主流技术，推动 AR 在 C 端普及。光波导技术包括耦入、波导、耦出三部分，可将光线耦合进入玻璃基地，并通过“全反射”原理传输至眼前方释放，实现视场折叠和复原，保证光线无损传输。光波导的无漏损传输和高穿透性在实现了轻薄光学镜片的同时，亦可为用户提供较大的 FOV，保证眼镜成像清晰。此外,光波导是独立于成像系统而存在的单独元件,可将显示屏和成像系统移到额头顶部或其他位置,减少对用户的视线阻挡,优化设备佩戴感受。因此，光波导技术逐渐被视为满足 AR 眼镜成像需求的主流解决方案，有望促进 AR 眼镜向 C 端普及。

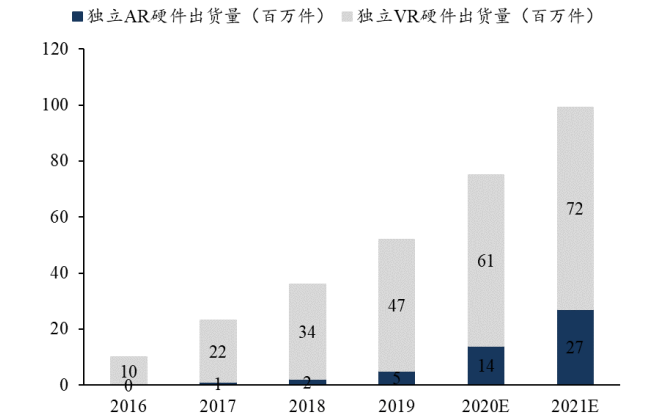
图 78：不同类型光波导原理



数据来源：Rokid-R Lab，东吴证券研究所

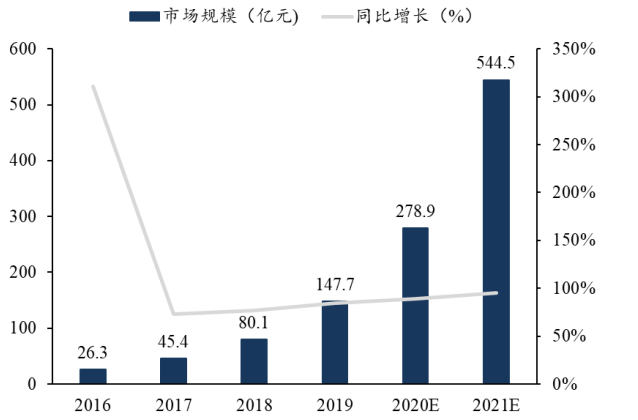
AR/VR 有望成为 5G 最终受益端。目前 VR 产业逐渐步入高速发展阶段，产品形态基本成型，成像画质逐渐提升，用户体验不断优化。5G 通讯网络高速传送及云渲染技术有望推动 AR/VR 产品技术进一步更迭，刺激市场需求增长。根据 IDC 数据，2021 年全球独立 AR 及 VR 硬件出货量将分别达到 2700 万件、7200 万件。而赛迪顾问数据显示，截止 2021 年，我国 AR/VR 市场规模将达到 544.5 亿元，同比增长 95.2%，AR/VR 有望成为 5G 最受益终端。

图 79：VR/AR 硬件出货量及预测



数据来源：IDC，东吴证券研究所

图 80：中国 VR/AR 市场规模预测



数据来源：赛迪顾问，东吴证券研究所

4. 投资建议

4.1. 投资观点

新冠病毒疫情对制造业销量造成重大影响，也给光学厂商带来了挑战，各大光学厂

商之间的差距也逐渐突显出来。光学大厂在复工、资金、招聘方式、业务布局等方面处理措施显著优于中小厂商，低复工率进一步使中小厂商陷入困境，这可能会导致大厂与中小厂间差距进一步扩大，疫情结束后，摄像头行业洗牌将提速，行业集中度有望进一步提升。

技术创新升级叠加多应用领域需求增长推动光学行业景气度全面提升。由于用户对手机摄像性能要求不断提高，手机摄像头技术不断创新升级，未来将逐渐向多摄、CIS 高像素、7P/8P、玻塑混合、潜望式镜头、3D Sensing TOF 等多方向发展。其他应用方面，全面屏兴起及 LCD 屏下技术突破，推动光学屏下指纹市场需求大幅增长；ADAS 渗透率提升，车载镜头未来市场空间广阔；5G 背景下光波导“全反射”无损成像技术平衡了视场角大小和设备体积的之间的矛盾，将促进 AR 在 C 端大范围普及。

我们看好光学行业景气度全面提升，各细分市场将充分受益。建议关注：韦尔股份（CIS）、水晶光电（滤光片）、五方光电（滤光片）、联创电子（镜头）、欧菲光（模组/镜头）、汇顶科技（光学屏下指纹）、歌尔股份（AR/VR）、晶方科技（CIS 封测）。

4.2. 建议关注

4.2.1. 韦尔股份（6003501.SH）：光学芯片龙头，技术更迭产品量价齐升

产品高速迭代结合定制化产品放量，2020 年公司量价齐升逻辑强化。公司从 2019 年 Q2 开始陆续发布 3200 万、4800 万高清像素新产品，2020 年再度发布 4800 万、6400 万像素新品。其中首款 6400 万像素产品——OV64C 采用了晶片堆叠技术和电子图像稳定(EIS)技术，可为高端手机提供领跑业界的图像拍摄和 4K 视频性能。同时，公司针对客户需求陆续推出定制化产品，19Q4 公司推出结合高端视频和广角性能的 OV12D（1.4μm）新品，主打高质量视频拍摄。高清像素产品相较低端像素产品单价仍有数倍提升空间，且定制类产品相较同像素其他产品单价大幅提升，高端产品迭代结合定制化，公司盈利能力有望持续提升。

多摄、高像素带动下，CIS 全球供需缺口加剧。从供给端来看，根据 CIS 市场近况，19Q3 开始 CIS 市场 2M/5M/VGA 低像素开启缺货潮，并且由中低像素进一步向高像素蔓延，中高像素产能也愈发紧张，CIS 价格出现大幅上涨。从需求端来看，根据 IHS Markit 数据，预计 2019/2020/2021 年镜头出货量分别为 44.62/51.31/56.50 亿颗，未来三年将保持 10%以上的高速增长。我们认为从摄像头由 1 到 N 的过程中，CIS 市场规模将持续提升。受益于高行业景气度，公司作为国内 CIS 龙头厂商将迎来高速增长。

4.2.2. 水晶光电（002273.SZ）：深耕光电产业，受益光学元器件市场新机遇

深耕光电产业，业绩保持高速增长。2019 年，公司营业收入同比增长 29.12%，归母净利润同比增长 6.79%，受行业竞争影响，公司全年毛利率和净利率略有下降，为

27.81%和 16.64%，其中生物识别和新型显示产品毛利率呈上升态势。

受益于 3D 传感器产业链，公司产品有望持续向安卓系扩散。公司的窄带滤光片产品品质国际领先，早已进入了苹果供应链。苹果正在全面推广 3D 传感器功能，已经先后投资多家相关产业链企业，随着苹果新机将搭载 3D 传感器技术，其中对本公司产品的需求将大幅增加。除苹果外，华为、小米、三星等多家厂商加速强 3D 感测应用，安卓端渗透率有望在 2020 年持续加速。目前，公司仅仅进入安卓厂商部分产品的供应链，受益于 3D 传感器产业链景气度上行，且国产替代加速，公司未来有望持续快速向安卓系渗透。

积极布局 AR/VR 领域，AR/VR 规模增长带来新机遇。AR/VR 行业规模增长迅速，中国市场需求量大，5G 浪潮带动 AR/VR 行业增长，AR/VR 产业已经形成多种技术同步发展的格局，同时上下游产业链整合，产业逐步聚集，配套技术、产业延伸逐渐成型，AR/VR 产品将逐渐进入消费级市场。公司积极布局新型显示领域，生产 AR/VR 产品关键光学组件，有多年的品牌和技术积累，与 Lumus、肖特等国际知名企业有深入的合作，保持行业领先，未来成长空间大。

4.2.3. 五方光电（002962.SZ）：专业光学镀膜产品制造商

公司成立以来专注于 IRCF 研发和制造。公司主要产品包括红外截止滤光片（IRCF）和生物识别滤光片，产品已用于华为、小米等多个知名智能手机品牌。2017-2018 年，公司红外截止滤光片销量分别为 6.07 亿片和 8.10 亿片，全球市占率达到 13.90%和 16.13%。2019 年，公司产品总销量为 10.21 亿片，营收为 7.27 亿元，同比增长 26.01%，归母净利润为 1.59 亿元，同比增长 15.23%。

摄像头需求量持续增加，公司 IRCF 业务将快速成长。智能手机摄像头是智能手机产业链增速最快的行业之一，公司与国内主要摄像头模组厂商，如欧菲光等，保持紧密合作关系。2020-2021 年，三摄、四摄和五摄将会持续在智能手机中渗透，预计智能手机摄像头需求量将分别达到 51.59 和 62.23 亿颗，同比增长 22%和 21%，公司有望受益。同时，3D 识别是手机摄像头产品升级的重要应用领域之一。公司 2018 年成功开发和小批量产用于 3D 摄像头的生物识别滤光片产品，2019 年下半年实现量产。随着 3D 识别随着手机摄像头发展进而快速渗透，公司未来生物识别滤光片或将迎来高速发展期，公司滤光片业务也将稳健增长。

4.2.4. 联创电子（002036.SZ）：优质光学镜头厂商，受益玻塑混合趋势

公司光学业务稳定增长。2019 年公司实现营业收入 60.82 亿元，同比增长 26.65%，归母净利润为 2.67 亿元，同比增长 8.81%。2019 年光学产品收入为 12.75 亿元，占总营收 20.97%，毛利率为 31.80%，2015-2019 年光学产品收入的 CAGR 达 26.12%，光学业务稳定增长。

手机技术迭代刺激镜头市场增长，公司技术领先增长可期。随着手机技术更迭，单

机摄像头逐渐增多、多摄渗透率不断上升；手机像素要求不断提升，7P 镜头需求量不断提升；潜望式镜头代替传统变焦镜头成主流；3D Sensing 需求旺盛，TOF 摄像头由于自身用户体验好，而且 TOF 成本较低的优良特性，已成未来趋势。技术的更新使得单机镜头以及镜片需求不断上升，玻塑混合镜头迎来市场契机，公司玻塑混合镜头技术全球领先，未来增长动力强劲。

绑定优质汽车厂商，受益于车载镜头放量。为追求产品质量和稳定性，与手机镜头不同，车载镜头的镜片更多使用玻璃。公司已具备优秀的模造玻璃镜片生产制备能力，具备进入汽车厂商供应链过程中不可比拟的优势。在车载镜头领域，公司已实现为特斯拉车载镜头稳定供货，与 Mobileye、英伟达、On-semi 形成了良好的战略合作关系，并与法雷奥、麦格纳等汽车零部件供应商广泛合作。

4.2.5. 欧菲光（002456.SZ）：光学龙头，受益屏下指纹渗透提升

公司为国内光学龙头，经营重回正轨。公司 2019 年业绩逐季向好，业绩拐点向上，2019 公司实现营收 519.74 亿元，同比增长 20.75%。营收增长动力来自于：1、光学和屏下指纹业务增长迅速，高端产品出货占比提升；2、加强成本控制和存货管理，提高运营效率，财务结构得到优化。

摄像头模组出货量居榜首，打造垂直产业一体化布局。在 2017 年欧菲光设立子公司进军光学镜头产业，深入布局光学镜头的研发和制造，光学产品综合竞争力不断加强。2018 年欧菲光摄像头模组出货量稳居国内榜首，达到 5.51 亿颗。2019 年摄像头模组出货量为 6.60 亿颗，同比增长约为 19.66%。公司在 2018 年底收购了富士天津镜头工厂及富士集团镜头相关专利，向上游领域延伸完善车载镜头布局，有益于加强公司在手机镜头领域的专利体系，开拓汽车电子蓝海市场。公司未来会重点布局 VCSEL、DOE 等上游的关键元器件，打造光学领域的垂直产业链，有利于公司稳定供货能力，控制成本，进一步提高自身竞争力。

TOF 配置为手机趋势，光学指纹识别逐步渗透。5G 商用下移动终端对 AR 的应用存在不断创新，TOF 成为手机摄像头的创新趋势之一。欧菲光在镜头领域本身已有自己的专利布局和技术经验。为寻求进一步突破，在 3D Sensing 领域，公司与以色列 3D 算法公司 Mantis Vision 达成战略合作关系，双方将利用各自的资源优势，在 3D 成像领域展开深入的合作。此外，公司是国内手机厂商屏下指纹识别模组的主要供应商，具备量产能力。在全面屏趋势下，屏下指纹加速渗透，量价齐升。未来随着需求释放，指纹识别模组新产品将形成新的利润增长点，欧菲光将持续受益屏下指纹渗透增速提升。

4.2.6. 汇顶科技（603160.SH）：全球指纹识别芯片领域的龙头

手机屏下光学指纹产品大规模商用带来利润增长。公司作为全球指纹识别芯片领域的龙头，主要产品为指纹识别芯片、电容触控芯片和固定电话芯片等。智能手机应用产品是公司营收的主要来源，同时在指纹锁、智能穿戴、汽车电子领域也已实现产品的规

模商用。2018 年下半年全面屏趋势下光学屏下指纹商用规模扩大，公司业绩急速增长。2019 年公司实现营收 64.73 亿元，同比增长 73.95%，实现归母净利润 23.17 亿元，同比增长 212.10%，毛利率达到 60.4%。

光学屏下指纹和触控方案得到客户认可。在全面屏和大尺寸的消费趋势下，公司的指纹识别芯片在 OLED 屏实现规模商用。截至 2019 年，公司光学指纹方案的商用机型突破 100 款，商用机型最多，累计出货量最大。在 2020 年，公司将继续推进超薄屏下光学指纹方案更大规模的商用，以及实现 LCD 屏下光学指纹方案的量产。在电容触控产品领域，公司研发出新一代的触控产品芯片，AMOLED 触控方案获得了华为、小米等主流手机品牌的认可。

注重研发，大力进军 IoT 领域。公司注重新品的研发投入，2019 年研发费用达到 10.79 亿元。同时，公司正在布局 IoT 领域，以谋求利润在未来的进一步增长。根据小米和 IHS 的数据，2018 年全球 IoT 市场规模为 231.4 亿美元，预计 2025 年全球 IoT 市场规模将扩大到 754.4 亿美元。公司打造 IoT 领域的“Sensor + MCU + Security + Connectivity”综合平台，未来将会在手机、平板和可穿戴产品等智能移动终端的人机交互领域不断开拓业务新领域。

4.2.7. 歌尔股份（002241.SZ）：业绩超预期，持续受益于 TWS 及 AR/VR

智能硬件战略布局，助力公司业绩增长。在外部经济承受下行压力，全球智能手机出货量整体下滑的形式下，公司坚持“声光电零件+智能硬件”的发展战略，在 5G 浪潮下把握住新型人机交互智能硬件产业发展的机遇，积极开拓新兴业务，培育新的利润增长点。2019 年公司实现营收 351.48 亿元，同比增长 47.99%，归母净利润 12.80 亿元，同比增长 47.58%，超出市场预期。其中，智能声学整机业务实现收入 148.23 亿，同比增长 117.58%，智能硬件实现营收 85.14 亿，同比增长 28.47%，公司业绩高速增长的核心驱动来自于 TWS 和智能可穿戴业务的发展。

TWS 耳机行业景气度高，智能声学整机业务快速成长。据 Counterpoint 数据，2019 年全球 TWS 耳机市场规模达到 1.2 亿部，近三年 TWS 耳机复合增长率将达到 80%，预计到 2022 年全球 TWS 耳机市场规模将超过 6 亿部，其中，AirPods 市占率达 50%以上，AirPods 将引领 TWS 耳机出货量快速增长。公司作为 AirPods 主要组装供应商之一，把握智能无线耳机、音响等发展机遇，密切联系客户，推动产品创新更迭，积极扩大产线产能建设，提升精益制造能力，公司智能声学整机业务将持续受益于 TWS 耳机快速放量，随着 TWS 行业景气度提升，公司将迎来新的一轮成长周期。

5G 推动万物互联，AR/VR 业务有望优先受益。5G 浪潮推动 AR/VR 发展迎来新的机遇，公司进行战略创新转型，较早布局 AR/VR 业务，加强同顶级客户之间的联系，重视研发投入，建立多技术融合的研发平台，围绕客户实现产品开发创新和产线扩展布局，形成可为客户提供声光电整体性解决方案的竞争优势。依托于在声、光、电领域的技术积累，公司成为国内外光学部件及头显硬件主要供应商，占据市场领先地位，随着

AR/VR 行业景气度提升，公司将有望优先受益。

4.2.8. 晶方科技（603005.SH）：传感器领域封装龙头，业绩有望激增

行业整体快速回温，公司业绩显著提升。受全球半导体产业市场下滑影响，我国集成电路产业增速下降。受益于 5G、人工智能等新兴领域快速发展，声光学智能硬件类等产品需求增长旺盛，国内封测行业产能利用率有望进一步提升，整体行业开始回温。公司专业于传感器领域先进封测业务，2019 年全年实现营业收入 5.60 亿元，同比下降 1.04%，归母净利润为 1.08 亿元，同比增长 52.27%，公司业绩整体向好。

消费电子传感器需求激增，带动汽车电子发展。作为传感器领域封测龙头，公司目前封测的主要产品为影像传感器和生物身份识别传感器。在消费电子领域，手机是影像传感器的最大用户终端市场，5G 手机出货量提升带动换机浪潮，手机摄像头三摄、四摄创新趋势使得未来每部手机摄像头数目将大幅增加。同时，屏下指纹日渐成为手机生物身份识别的主流趋势，消费电子领域影像传感器和生物身份识别传感器双线封测需求激增，公司非公开募集 14 亿资金将用于产能提升，巩固公司的领先地位。在汽车电子领域，智能驾驶化趋势下 ADAS 渗透率不断提高，车载摄像头是 ADAS 各项功能实现的核心元件，需要单车配备多个广角摄像头以为驾驶者提供全景影像，CMOS 传感器封装需求提升，未来将迎来新一轮增长周期。

图 81：可比公司估值对比

可比公司	7 月 20 日收盘价（元）	营收（百万元）			归母净利润（百万元）			EPS（元）			PE		
		2019	2020E	2021E	2019	2020E	2021E	2019	2020E	2021E	2019	2020E	2021E
韦尔股份	217.69	13632	19277	24447	466	2263	3167	0.54	2.62	3.67	403.80	83.06	59.37
水晶光电	16.85	3000	4003	5274	491	603	773	0.42	0.50	0.63	39.67	34.03	26.54
五方光电	25.34	727			159			0.79			32.16		
联创电子	12.71	6082	7771	9983	267	516	704	0.37	0.72	0.98	34.01	17.65	12.97
欧菲光	19.86	51974	55382	63262	510	1442	1949	0.19	0.54	0.72	104.97	37.11	27.45
汇顶科技	215.19	6473	8071	9863	2317	2292	2829	5.08	5.02	6.19	42.32	42.88	34.74
歌尔股份	32.59	35148	48697	65844	1281	2018	2731	0.39	0.62	0.84	82.59	52.56	38.80
晶方科技	83.95	560	1332	1697	108	363	514	0.47	1.13	1.60	178.05	74.32	52.52

数据来源：Wind，东吴证券研究所（注：除联创电子、歌尔股份外，其余公司数据均来自 Wind 一致预期）

5. 风险提示

1）技术升级不及预期：随着产品研发的专业化程度提升，技术开发难度和研发投入将变大。若新一代技术升级进度不及预期，光学行业的发展规模和增速可能受到影响。

2）ADAS 及 AR 渗透率不及预期：若 ADAS 及 AR 渗透率不及预期，摄像头等相关产品销售可能受到影响，从而影响光学行业内公司营收的增长。

3）新冠疫情影响手机销量不及预期：新冠病毒疫情对手机行业将造成重大影响。如果疫情得不到有效遏制，在全球进一步扩散，手机销量受此影响将不及预期。

4）中美贸易战加剧：若中美贸易战加剧，将从市场需求端、产品供应链、核心技术升级等方面对光学行业内公司造成负面影响。

免责声明

东吴证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本研究报告仅供东吴证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。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，本公司不对任何人因使用本报告中的内容所导致的损失负任何责任。在法律许可的情况下，东吴证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

市场有风险，投资需谨慎。本报告是基于本公司分析师认为可靠且已公开的信息，本公司力求但不保证这些信息的准确性和完整性，也不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

本报告的版权归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用、刊发、转载，需征得东吴证券研究所同意，并注明出处为东吴证券研究所，且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。

东吴证券投资评级标准:

公司投资评级:

买入：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在 15%以上;

增持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于 5%与 15%之间;

中性：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于-5%与 5%之间;

减持：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘介于-15%与-5%之间;

卖出：预期未来 6 个月个股涨跌幅相对大盘在-15%以下。

行业投资评级:

增持： 预期未来 6 个月内，行业指数相对强于大盘 5%以上;

中性： 预期未来 6 个月内，行业指数相对大盘-5%与 5%;

减持： 预期未来 6 个月内，行业指数相对弱于大盘 5%以上。

东吴证券研究所
苏州工业园区星阳街 5 号
邮政编码：215021
传真：（0512）62938527
公司网址： http://www.dwzq.com.cn

