



Research and
Development Center

从智能手机到自动驾驶， 光学创新引领先机

电子行业深度报告

2021年01月20日

证券研究报告

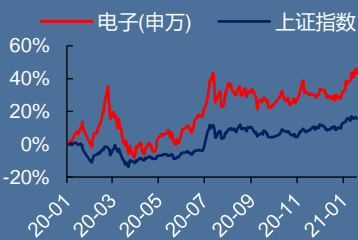
行业研究

行业深度研究

电子

投资评级 看好

上次评级 看好



数据来源：万得，信达证券研发中心

方 竞 电子行业首席分析师

联系方式：15618995441

执业编号：S1500520030001

邮 箱：fangjing@cindasc.com

刘 志 来 研究助理

联系方式：17621917725

邮 箱：liuzhilai@cindasc.com

信达证券股份有限公司

CINDA SECURITIES CO., LTD

北京市西城区闹市口大街9号院1号楼

邮编：100031

从智能手机到自动驾驶，光学创新引领先机

2021年01月20日

本期内容提要：

➢ **从智能手机迈向自动驾驶，光学是未来长周期创新主线。** 智能手机进入存量时代，厂商之间的竞争日益激烈。为了吸引终端消费者，势必在硬件上有更多创新。我们认为，对于手机品牌的落地宣传而言，除5G驱动外，最显性、最能带动机型整体热度的赛道就是光学。而在汽车方面，硬件+软件厂商投资不断加码，自动驾驶渐行渐近，目前已有L2+、L3级自动驾驶车型落地，相较传统汽车，其搭载的传感器数量倍增，特别是车载摄像头的增量空间十分可观。综上，光学是过去数年间手机价值增量最大的组件，亦将是未来贯穿汽车电子的创新主线，值得重点关注。

➢ **手机光学质量齐升，创新持续向前。**

量：随着多摄方案日益成熟，“主摄+广角+长焦”搭配成为主流，潜望式、ToF从高端机型开始渗透。据IDC的数据，近年来多摄手机占比不断提升，2020年三季度，搭载双摄及以上的手机占比已经超过80%，其中三摄及以上机型占比约为60%。

展望2021年，我们认为非旗舰机型会稳定在三摄方案，不再追求量的进一步堆叠。而旗舰机型方面，光学升级仍未停步，如小米10至尊版、华为Mate 40 Pro+、vivo X50 Pro+采用了潜望式摄像头；iPhone 12 Pro系列首次搭载了LiDAR激光雷达。未来随着潜望、ToF等光学创新的日渐成熟，其价位段亦将不断下沉，可期待光学的创新表现。

质：中端机型在主打高像素卖点的同时，还需保持产品性价比、控制成本，因此CIS像素尺寸微缩势在必行。目前图像传感器主要采用0.8μm像素尺寸，而豪威科技则率先进入0.7μm时代，于2Q20推出0.7μm的OV64B，抢占市场先机，并有望持续引领像素微缩趋势。

对于旗舰手机而言，品牌厂商追求极致的成像效果，采用的是高像素大底CIS。像素尺寸增大，可捕捉更多光线，从而让照片拥有更丰富的细节和色彩，尤其是在弱光环境下，也能拍出清晰的照片。以小米10至尊版为例，其采用了豪威的48MP传感器OV48C，感光尺寸高达1/1.32英寸，dxomark拍照评分达到133分，斩获当时的评测头名。

创新：潜望式、深度相机、屏下摄像头等创新不断，其中潜望式技术较为成熟，正逐步在高端机型上普及；同时AR应用日益兴起，有利于结构光、iToF/dToF等深度相机发展，如苹果、华为、三星等厂商已有机型采用。此外屏下摄像头技术可解决前置摄像头的问题，实现真正的全面屏，目前中兴在Axon20上已有应用，未来随屏下方案更加成熟，更多厂商有望引入。

➢ **自动驾驶渐行渐近，车载摄像头冉冉升起。** 随着汽车电动化、智能化、网联化的发展趋势，单车搭载的摄像头数量逐渐提升。如特斯拉Model 3搭载8颗摄像头，蔚来近期发布的ET 7更是搭载11颗摄像头。除了数量增加以外，车载摄像头的像素数也有提高的趋势，据蔚来官网数据，

相比 1.2MP 摄像头，8MP 的摄像头的感知距离可以扩大 3 倍。

2020 年疫情影响全球汽车销量表现，但国内疫情控制得当，供应链厂商可借此提升市占率。如舜宇车载镜头逆势上升，全年出货超过 5600 万件，同比增长 12%，龙头地位更加稳固。未来随着疫情因素去化，国内光学龙头有望在车载领域大放异彩，实现更快增长。

自动驾驶系统还会搭载各类雷达，用来丰富视觉系统的数据。具体而言，超声波传感器和毫米波雷达作为整套视觉系统的补充，可以为视觉系统提供更丰富的数据。而激光雷达则是相对较新的传感器，其特点是可以实现三维的高精度测量，而且不受环境光的影响，整个市场正处于快速发展的状态，代表厂商有 Velodyne、Luminar、禾赛科技等公司。

➤ 产业链重点环节

CIS: 目前智能手机是 CIS 最主要的下游，据 Frost&Sullivan 的统计，2019 年智能手机市场占到全球 CIS 销售额 73% 的份额，市场规模达 121 亿美元；**预计 2024 年手机 CIS 市场规模将达 164 亿美元，出货量增长至 68 亿颗。**从 CIS 的竞争格局来看，目前主要由 Sony、三星以及豪威科技占据市场主导地位。索尼在高端 CIS 市场中保持领先；三星凭借自有手机品牌占据不少市场份额；豪威在被韦尔收购整合后开始频频发力，陆续推出了多款高阶产品，且成功打入多款国内旗舰机型。

车载 CIS 领域，市场格局略有差异，根据咨询机构 Yole 的统计，安森美和豪威占据了较大的市场份额，2018 年市占率分别为 36%、22%。其中，豪威在高动态范围，小像素领域独有优势，不断推出业内领先的车载 CIS，如 2020 年推出 3 微米大像素的 OX03C10，其动态范围高达 140db，还具备 LED 闪烁抑制功能。豪威科技作为全球车载 CIS 的双雄之一，未来有望充分受益于自动驾驶趋势。

镜头: 其价值量仅次于 CIS，根据材质的不同，光学镜片主要分为玻璃、塑料两种。目前智能手机镜头多采用塑料镜片，也有部分手机厂商为了降低镜头组的厚度，选择使用玻塑混合镜头。随摄像头光圈的增大，所需要的镜片片数越多，f/2.0、f/1.7、f/1.4 等超大光圈被更多机型采用，6P 以上镜头逐渐成为主摄标配，部分旗舰机型更是搭载 8P 镜头，并且大立光近期在 4Q20 业绩说明会上表示，9P 镜头已经开始 design in。

手机光学镜头市场集中度较高，大立光、舜宇、玉晶光三家占据优势地位，其中大立光技术实力领先，主打塑料高阶镜头，产品主要应用于苹果和安卓高端机型；舜宇光学紧随其后，在安卓系龙头厂商中有不俗份额，而且在车载镜头领域处于行业领先地位；玉晶光则主要供应苹果。

音圈马达 (VCM) 和红外截止滤光片 (IRCF): 受益于智能手机多摄的普及，VCM 市场规模保持快速增长，据咨询机构 Yole 的预测，2025 年 VCM 市场规模将达 67 亿美元。目前，VCM 市场主要由日韩厂商主导，但国内厂商正迎头赶上，市场份额差距在不断缩小。

红外截止滤光片 (IRCF) 一般在镜头和 CIS 之间，通过滤除红外光，保证到达 CIS 的光线为可见光，进而减少色偏，使成像更符合人眼视觉体验，国内的水晶光电、五方光电处于业内领先位置。

模组: 多摄和创新应用仍是摄像头模组行业的主要增长动力。此外，在

自动驾驶的趋势下，汽车搭载的摄像头数量和规格也在逐步升级，也将对模组市场有较大推动。据咨询机构 Yole 预计，2019 年摄像头模组行业规模约为 313 亿美元，到 2025 年有望达 570 亿美元，六年复合增长率约为 10.5%。

就行业格局而言，2019 年 LGI、欧菲光、舜宇光学和鸿海（夏普）四家厂商营收规模位居前列，合计占据了近半的市场份额。未来行业规模扩张的过程中，市占率较大的国内厂商有望畅享增长红利。

算法：智能手机硬件不断迭代升级，各厂商的同价位机型配置趋同，系统、软件、算法逐渐成为差异化的来源。对光学领域而言，普通用户对高级拍照参数调校不甚了解，难以判断在当前拍摄场景下选择哪种拍照模式更加合适，通过算法可以让手机自主识别场景与拍摄对象，调整参数变得尤为重要。同时，多摄的实际使用中，一方面要保证摄像头之间的平滑过渡切换，避免“跳跃”，另一方面要将两镜头同步捕捉的广角和长焦图像融合为用户需求变焦倍数的高质量图像，拍照时通过镜头的切换，同时结合视频和图像融合算法，平滑变焦得以在手机上实现。

- **投资评级：**我们认为光学创新将是贯穿智能手机和汽车电子的投资主线，值得重点关注，给予“看好”评级。建议关注 CIS 芯片：韦尔股份、格科微、思特威（未上市）；CIS 封测：华天科技、晶方科技；镜头及模组产业链：舜宇光学科技、丘钛科技、立景创新（未上市）、欧菲光、联创电子、水晶光电等；算法领域的虹软科技等。
- **风险因素：**市场竞争加剧；疫情持续，影响需求；潜望式以及 ToF 镜头发展不及预期；车载镜头渗透不及预期。

目录

光学创新成手机差异化首选，车载摄像头赛道宽广	7
一、量：多摄不断精进，三摄将成中端主流	9
1、详解摄镜头参数，变幻之间多彩尽现	9
2、详解多摄组合，主摄广角长焦成标配	10
3、中端机型稳定三摄，旗舰机创新不止	12
二、质：高像素+大底，CIS 快速升级	14
1、像素微缩成主流趋势	14
2、大底+高像素，旗舰机标配	16
3、CMOS 底部架构改进	17
三、手机光学创新持续向前	19
1、光学变焦能力持续增强，潜望式加速渗透	19
2、AR 应用日益兴起，利于深度相机发展	20
3、全面屏理想方案，屏下摄像头尚需时日	22
四、自动驾驶渐行渐近，车载摄像头冉冉升起	25
1、车载算力不断增强，自动驾驶级别提升	25
2、摄像头是自动驾驶感知层核心部件	27
五、产业链各环节市场情况	31
1、CIS 市场	31
2、光学镜头	33
3、音圈马达及红外截止滤光片	37
4、摄像头模组	39
5、算法	42
六、投资建议	44
风险因素	44

表目录

表 1: 各大手机厂商部分机型后置摄像头配置	11
表 2: 三星的 0.7 微米 CIS 产品线	15
表 3: 不同光学变焦解决方案对比	20
表 4: 不同深度相机解决方案对比	21
表 5: 特斯拉 Autopilot 的感知硬件对比	27
表 6: 三款自动驾驶车型搭载的感知系统对比	28
表 7: iPhone 系列手机主摄的光圈大小和镜片数	34
表 8: 不同基材的 IRCF 的功能用途	39
表 9: 摄像头模组工艺对比	41

图目录

图 1: 2008-2019 智能机及功能机出货量情况 (亿部)	7
图 2: 1Q15-3Q20 全球智能机出货量情况 (百万部)	7
图 3: 2018 及 2019 年度手机热门功能统计	7
图 4: 2012-2020 手机热点竞争赛道发展历程	7
图 5: 常用 APP 均有拍照/录像需求	8
图 6: 手机摄像头发展历程	8
图 7: 焦距对成像大小的影响	9
图 8: FOV 与焦距之间的关系	9
图 9: 光圈大小和景深大小的关系	10
图 10: 焦距长短和景深大小的关系	10
图 11: 广角摄影作品	11
图 12: 超广角摄影作品	11
图 13: 长焦摄影作品	11
图 14: 智能手机摄像头数量演变示意图	12
图 15: CIS 传感器的结构示意图	12
图 16: 高通骁龙 4-8 系列芯片产品矩阵图 (红框-支持 5G、蓝框-仅支持 4G)	12
图 17: 小米 K30 系列光学规格	13
图 18: HMOV 旗舰机型的光学系统继续升级，搭载了潜望式或 3D 深感摄像头	13
图 19: 摄像头模组的结构	14
图 20: CIS 传感器的结构示意图	14
图 21: 串扰示意图及其解决方案	15
图 22: 索尼 DTI 像素隔离技术示意图	15
图 23: CIS 像素技术的发展历程	15
图 24: 背照式方案对比	15
图 25: 智能手机的像素尺寸变化趋势	16
图 26: 华为旗舰机	16
图 27: iPhone CIS 大小比上一代提升 47%	16
图 28: 旗舰机主摄使用越来越大的 CIS	17
图 29: 拜尔阵列滤光示意图	17
图 30: 三星 Tetracell 排列结构变换示意图	17
图 31: RGGB 结构变为 RYYB 结构	18
图 32: 光学变焦原理	19
图 33: 数码变焦和光学变焦对比	19

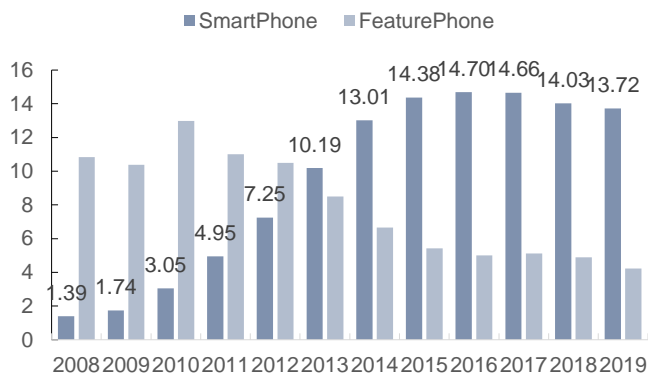
图 34: D-Cut 镜片结构的潜望式镜头组件	20
图 35: D-cut 镜片示意图	20
图 36: 3D 结构光和 ToF 原理对比	21
图 37: ToF 可以增强手机上的 AR 体验	22
图 38: 使用 LiDAR 进行 3D 图像建模	22
图 39: 部分搭载深度感测传感器的机型	22
图 40: iPhone X 刘海屏搭载的元器件	23
图 41: 挖孔屏、水滴屏和刘海屏样式	23
图 42: 升降式摄像头	23
图 43: 滑盖式摄像头	23
图 44: 小米“隐视屏”解决方案	23
图 45: OPPO 关于屏下摄像头的专利	23
图 46: 搭载自动驾驶系统的汽车	25
图 47: ADAS 功能的引入可降低事故发生率	25
图 48: 自动驾驶系统各阶段定义及其特点描述	25
图 49: 自动驾驶系统各阶段示意图	25
图 50: 自动驾驶功能的实现过程	26
图 51: 特斯拉车载 FSD 芯片的芯片面积对比	26
图 52: 全球自动驾驶汽车出货量预测 (万辆)	26
图 53: 汽车搭载的半导体部件价值量逐渐提升	27
图 54: 车载摄像头数量将随自动驾驶级别上升	28
图 55: 高动态范围可以抑制炫光问题	29
图 56: 高信噪比的 CIS 成像更清晰	29
图 57: 8MP 和 1.2MP 车载摄像头最大感测距离对比	29
图 58: RCCC 和 RCCB 排列对比 RGGB 排列的优点	29
图 59: 各类车载传感器对比	30
图 60: Model 3 的传感器包括摄像头/超声波雷达/毫米波雷达	30
图 61: 激光雷达成像示意图	30
图 62: 汽车半导体市场规模	30
图 63: 汽车 ADAS 零部件市场规模预测	30
图 64: 全球 CIS 市场规模 (按销售额)	31
图 65: 全球 CIS 出货量	31
图 66: 2019 年 CIS 市场下游应用格局 (按销售额)	31
图 67: 2024 年 CIS 市场下游应用格局 (按销售额)	31
图 68: 全球手机 CIS 市场规模	32
图 69: 全球手机 CIS 出货量	32
图 70: 全球手机摄像头细分市场 (亿颗)	32
图 71: 2019 年 CIS 市场格局 (按销售额)	33
图 72: 2019 年 CIS 市场格局 (按出货量)	33
图 73: 2018 年车载 CIS 市场格局	33
图 74: 采埃孚 S-Cam4 车载摄像头使用了豪威的 CIS	33
图 75: 产生像差的图像	33
图 76: 小米 10 至尊版超广角所使用的 7P 镜头	34
图 77: 7P 塑料镜头和 6P1G 玻塑混合镜头示意图	34
图 78: 华为申请的液态镜头专利	35
图 79: 液态镜头原理	35
图 80: 液态镜头技术在扫码器上的应用	35
图 81: 塑料镜头的制作流程	35
图 82: 晶圆级光学技术 WLO	36
图 83: WLG 工艺流程图	36
图 84: 三家光学镜头厂商营收对比 (单位: 亿元人民币)	36
图 85: 舜宇手机镜头出货量 (单位: 万件)	36
图 86: 大立光近年月度营收情况 (单位: 亿元新台币)	37
图 87: 玉晶光近年月度营收情况 (单位: 亿元新台币)	37
图 88: 车载镜头出货量趋势 (单位: 百万件)	37
图 89: 舜宇车载镜头出货量 (单位: 百万件)	37
图 90: VCM 示意图	38
图 91: VCM 内部结构示意图	38
图 92: 2017 年手机 VCM 市场份额	38
图 93: 2018 年手机 VCM 市场份额	38
图 94: 红外截止滤光片示意图	39
图 95: 红外截止滤光片原理	39
图 96: 摄像头模组市场规模预测 (单位: 亿美元)	39
图 97: 舜宇光电产品历年营收情况	40
图 98: 舜宇手机摄像头模组出货情况	40
图 99: 丘钛科技历年营收情况	40
图 100: 丘钛摄像头模组出货情况	40
图 101: 2019 年模组厂商市场份额 (按营收)	40
图 102: 2019 年模组厂商市场份额 (按出货量)	40
图 103: 摄像头模组的 CSP 与 COB 工艺	41
图 104: COB 工艺与 FC 工艺对比	41
图 105: MOB 和 MOC 封装	41
图 106: 普通夜景拍摄	42
图 107: 智 HDR 夜景拍摄	42
图 108: 自拍全景照片	42
图 109: 2D/3D AR 贴纸	42
图 110: 拍摄小狗的平面照片 (左), iPhone XR (中) 和 SE (右) 得到的深度数据图	43
图 111: 平滑变焦的过程	43
图 112: 广角和长焦图像融合	43

光学创新成手机差异化首选，车载摄像头赛道宽广

作为电子产业最重要的下游市场，全球智能机出货量自 2016 年起逐年微降，2019 年跌破 14 亿大关。其背后有渗透率见顶的因素，亦有创新不足难以刺激需求的原因。据 Statista 统计，2019 年手机换机周期拉长至接近 3 年。2020 年疫情来袭，手机市场更是受损严重，1H20 全球出货量降幅达 14%。

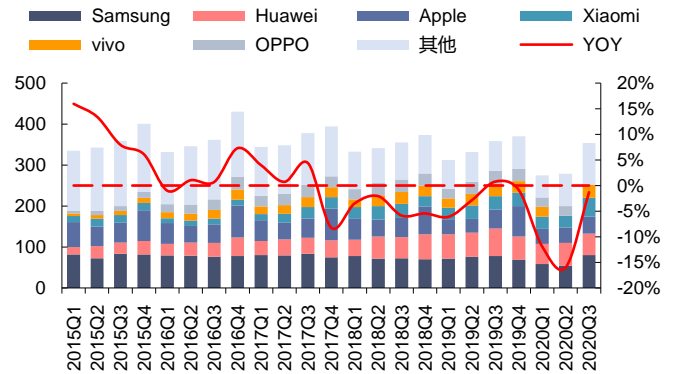
不过，随疫情的影响消退，手机市场快速恢复正常，根据咨询机构 IDC 数据，三季度智能手机出货量 3.5 亿部，仅同比下降 1.3%。展望未来，伴随着疫情之后的消费反弹，5G 渗透率快速提升，**2021 年全球手机出货量有望实现 10% 的反弹，长期预计亦将维持在 14 亿部的年出货量上下波动。**

图 1：2008-2019 智能机及功能机出货量情况（亿部）



资料来源：IHS，信达证券研发中心

图 2：1Q15-3Q20 全球智能机出货量情况（百万部）

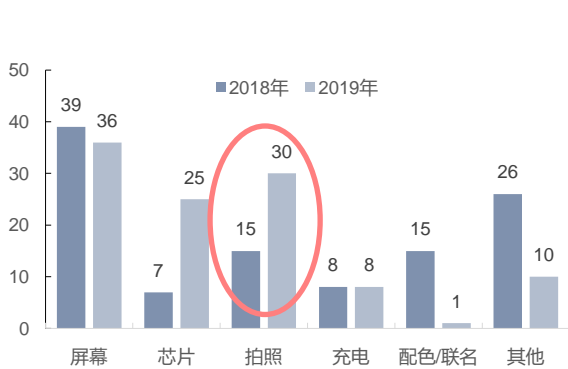


资料来源：IDC，信达证券研发中心

智能机整体销量难有大的增量，各大厂商为了吸引终端消费者，势必在硬件上有更多创新。近年来柔性 OLED、3D Sensing、屏下指纹、快充、无线充电等新功能层出不穷。不过我们认为，对于手机品牌的落地宣传而言，除 5G 驱动外，**最显性、最能带动机型整体热度的赛道就是屏幕及光学。**

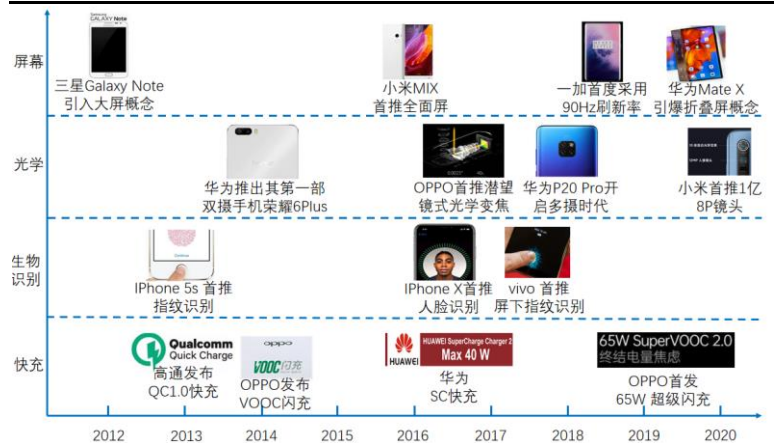
在此我们参考巨量引擎的《手机行业白皮书》，其中统计了 2018-2019 年各手机品牌发布会的重点宣传功能。具体来看，2018 年中，手机屏幕、拍照及配色等均为各品牌重点宣传功能，同时厂商亦会对生物识别，结构件，背板材料等特性有所侧重，宣传方式更为多样化。2019 年，各品牌竞争中屏幕仍为重点，拍照功能占比大幅提升，同时伴随着 5G 的发展，手机处理器开始成为宣传核心，而其他功能宣传大幅减少。

图 3：2018 及 2019 年度手机热门功能统计



资料来源：巨量引擎，信达证券研发中心

图 4：2012-2020 手机热点竞争赛道发展历程

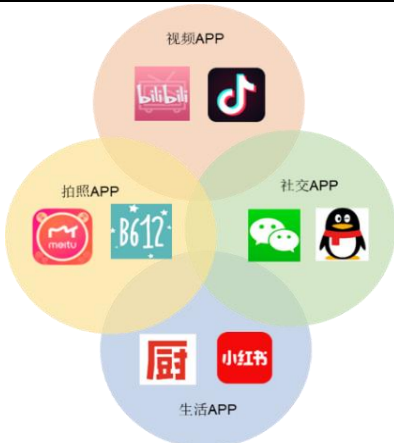


资料来源：信达证券研发中心整理

光学方面，随着手机屏幕分辨率及尺寸的不断提升，以及各类拍照辅助类、视频类、生活类、社交类 APP 的兴起，用户需要有更好的拍照录像效果来展现自我、记录美好。相较其他创新而言，光学创新更为多彩，自 2000 年夏普 J-SH04 首次搭载摄像头以来，持续推陈出新。无论是摄像头数目从单摄向多摄的一路迈进；还是 CIS 芯片的技术革新（面积持续增大、四像素成像、快速对焦等）；亦或是潜望式镜头、ToF 等创新功能，都为大幅提

升了消费者的用户体验。我们认为，由于手机现已进入存量市场，各厂商为追求差异化优势，势必在光学领域投入更多创新。光学是过去数年间手机价值增量最大的组件，亦将是贯穿未来 3-5 年的创新主线，值得重点关注。

图 5: 常用 APP 均有拍照/录像需求



资料来源：信达证券研发中心整理

图 6: 手机摄像头发展历程



资料来源：信达证券研发中心整理

此外，随着汽车电动化、智能化、网联化的发展趋势，硬件+软件厂商投资不断加码，自动驾驶渐行渐近，目前已有 L2+、L3 级自动驾驶车型落地，单车搭载的摄像头数量逐渐提升。具体而言，传统汽车一般搭载 1 颗倒车影像摄像头，而新能源汽车搭载的算力不断增强，追求更高阶的自动驾驶，因此摄像头数量多倍于传统车，如特斯拉 Model 3 搭载 8 颗摄像头，蔚来近期发布的 ET 7 更是搭载 11 颗摄像头。除了数量增加以外，车载摄像头的像素数也有提高的趋势，根据蔚来公布的数据，相比 1.2MP 摄像头，8MP 的摄像头的感知距离可以扩大 3 倍。综上，单车摄像头数量有望迎来快速成长，未来还有像素提升带来的价值量增长空间，根据咨询机构 Yole 的预测，2025 年汽车摄像头市场规模将达 81 亿美元，2020-2025 年复合增长率达 18% 左右。汽车摄像头将激发出光学产业链更多的活力，国内光学龙头随市场份额逐渐提升，有望充分受益这一浪潮。

一、量：多摄不断精进，三摄将成中端主流

智能手机更新换代迅速，为更好满足消费者的拍照要求，手机摄像头性能在不断升级创新。由于受尺寸限制，手机摄像头更多是定焦镜头，在不同应用场景，需要切换至不同镜头从而实现特定的成像效果。比如用超广角拍出壮观景色，用长焦拍出压缩空间的效果等，所以多摄像头成为了业内通用解决方案。

1、详解摄镜头参数，变幻之间多彩尽现

双摄手机最早于 2011 年开始出现，之后数年众多厂商皆尝试推出过双摄机型，然而当时反响并不佳。2014 年，华为推出了自己的第一部双摄手机荣耀 6 Plus，但并未带来令人惊艳的拍照体验。随后华为为进一步在双摄上发力，2016 年，华为与徕卡合作打造的旗舰机 P9 首次配彩色+黑白双摄后置镜头，使拍照质量大幅上升，得到广泛好评。苹果则在当年 9 月发布的 iPhone7 plus 中采用广角+长焦镜头，实现光学变焦，由此双摄机型开始被推广和普及。三摄方案同样由华为首发，最早在 2018 年由 P20 Pro 搭载，而四摄则由三星的 Galaxy A9s 在同年首发，开启了多摄的新时代。

多摄镜头中，除了主摄，可选摄像头包括长焦、广角、超广角、黑白、深度镜头等，这些镜头都具备各自的特性，与主摄搭配组合，配合对应的算法处理，可实现长焦远摄、画质提升、景深调整等效果。在具体分析多摄方案之前，我们会先介绍以下几个镜头的重要参数：焦距、视场角（FOV）、景深、光圈。

(1) 焦距 (focal length) 度量了光学系统中光线聚集或发散的程度。对单片镜头而言，平行光经透镜折射形成的汇聚点是焦点，焦距就是镜头中心到焦点的距离。但相机镜头由多片透镜组合而成，其焦距指的是从镜头中心点到感光元器件 (sensor) 上所成清晰图像之间的距离。焦距大小决定了成像大小，当拍摄同一物体时，焦距长的镜头成像会较大。所以长焦镜头更适宜拍摄远景。

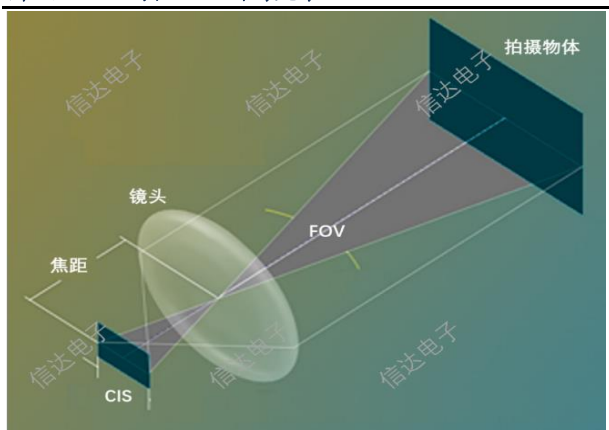
图 7：焦距对成像大小的影响



资料来源：CSDN，信达证券研发中心

(2) 视场角 (FOV) 即可视范围角度，超出范围的物体则不会出现在镜头画面内。目前手机主摄的 FOV 一般在 120° 左右。如需拍摄更大范围内的物体，则需选用 FOV 超过 120° 的超广角镜头。同时，FOV 和镜头焦距是相关联的，对于给定的传感器尺寸，焦距越大，FOV 越小，所以长焦镜头的可视角度一般偏小。

图 8：FOV 与焦距之间的关系



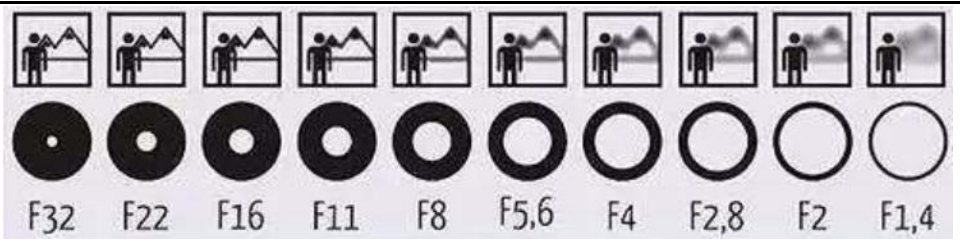
资料来源：信达证券研发中心整理

(3) 光圈 是位于镜头内的、可用来控制通过镜头光线多少的孔径光阑。光圈大小一般用镜头的 f 值表示，f 值等

于镜头焦距/光圈直径，数字越小，代表光圈越大。

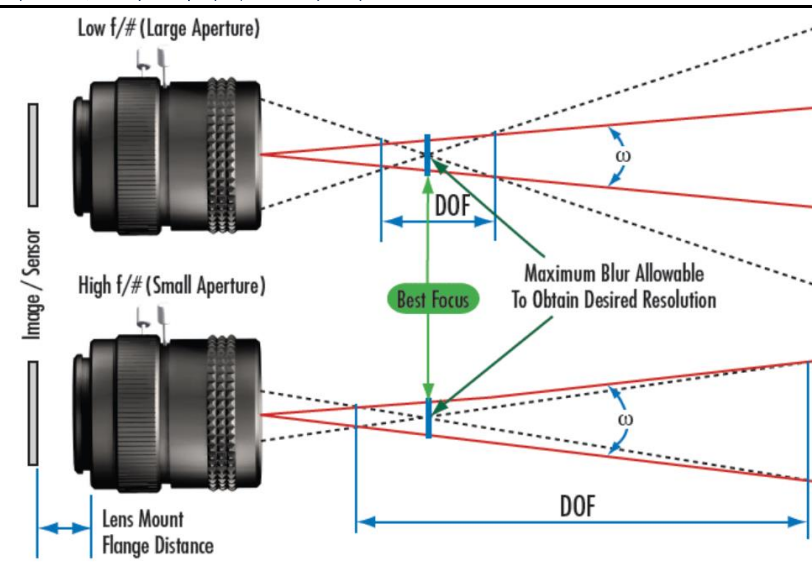
(4) 景深 (DOF) 是当聚焦完成后，焦点前后所能拍摄清晰的范围，范围外的物体便呈现虚化效果。景深是由光圈、焦距共同决定的。其中光圈越小焦距越短，则景深越大；而光圈越大焦距越长，则景深越小。所以在用长焦镜头拍摄远景时，由于景深较小，往往容易对焦不准，被摄物体超出景深，造成影像模糊；而单反上的人像镜头是典型大光圈小景深镜头，拍摄人像时可以实现背景虚化效果。

图 9: 光圈大小和景深大小的关系



资料来源: 光学纵横, 信达证券研发中心

图 10: 焦距长短和景深大小的关系



资料来源: Edmund Optics, 信达证券研发中心

2、详解多摄组合，主摄广角长焦成标配

前文介绍了镜头的各种参数，不同类别的摄像头，参数各有不同，我们就各类摄像头的特点总结如下：

(1) 主摄镜头，视场角为 75-80 度左右，焦距在 24-28mm 之间，这在传统摄像领域的定义中实则是广角镜头。主摄可提供和人眼正常视觉接近的取景范围，和其他同级别的镜头类别相比，标准镜头一般成像效果更好，细节表现力更强。

(2) 为了实现更大的取景范围，手机还会导入超广角镜头。超广角镜头的视场角一般为 120 度左右，焦距更短，景深也大，因此比较适合拍摄较大场景的照片，如建筑、风景等题材。

(3) 长焦镜头的视场角小，取景范围小，同时焦距长，在底片上成像大，在同一距离上能拍出比标准镜头更大的图像，有类似望远镜的功能，因此适合拍摄远处的对象。另外由于长焦镜头景深较浅，因此可以更有效地虚化背景突出主体，拍出的人像更生动。

(4) 黑白镜头在多摄渗透早期多被采用，主要作为辅助镜头，其特点是不使用滤光片，从而获取更大的进光量，降低图像噪点，提升照片的清晰度和锐度，补强主摄的细节。不过随着主摄性能的增强，黑白镜头逐渐消失。

(5) 微距镜头是长焦镜头的特殊应用，一般用于拍摄极近距离的图像；同时也有部分机型使用超广角镜头近距离拍摄，然后通过画面裁切的方式实现微距效果，不过这种技术并非主流。

(6) 潜望式镜头是焦距更长的镜头，为了拉长焦距，内部镜片需要更长的间距，但因为要保证手机的轻薄，镜

头模组采用类似潜望镜式的结构，使用折射棱镜将纵向的光线折射成横向，降低了模组的厚度。

(7) **深度摄像头**则用来捕捉环境的立体结构，实现距离、速度的测量，然后根据这些信息实现背景虚化、AR 等等应用。目前，手机深度相机主要有结构光、dToF/iToF 等方案，如 iPhone 使用结构光进行面部解锁，后摄搭载的 LiDAR 则属于 dToF 方案。至于更多的细节，我们将在后文中进行详细分析。

图 11: 广角摄影作品



资料来源: dxomark, 信达证券研发中心

图 12: 超广角摄影作品



资料来源: dxomark, 信达证券研发中心

图 13: 长焦摄影作品



资料来源: dxomark, 信达证券研发中心

目前各大手机厂商的旗舰机型中，多摄方案主要是以“主摄+广角+长焦”三摄为基础，早期的黑白镜头已被替代，而微距/人像/景深镜头的功能其实也可通过长焦镜头实现，而旗舰机型则一般会额外搭载潜望式或深度摄像头。总的来说，多摄方案使得手机拍摄的应用场景变得更加丰富，比如用超广角拍出壮观景色，用长焦拍出压缩空间的效果，其他如潜望式和深度摄像头的创新引入，既增加了产业链的价值量，也提升了消费者的使用体验。

表 1: 各大手机厂商部分机型后置摄像头配置

厂商	型号	摄像头数	主摄/广角	超广角	长焦 (包括人像/景深)	微距	潜望式	深度
华为	P40	3	50MP	16MP	8MP			
	P40 Pro	4	50MP	40MP	12MP			ToF
	Mate40 Pro+	5	50MP	20MP	12MP		8MP	ToF
	Mate40 Pro	3	50MP	20MP	12MP			
苹果	iPhone12	2	12MP	12MP				
	iPhone12 Pro	3	12MP	12MP	12MP			LiDAR
OPPO	Find X2 Pro	3	48MP	48MP			13MP	
	Find X2	3	48MP	12MP	13MP			
	Reno 5 Pro+	4	50MP	16MP	13MP	2MP		
	Reno 5 Pro	4	64MP	8MP	2MP	2MP		
vivo	Reno 5	4	64MP	8MP	2MP	2MP		
	X60 Pro	4	48MP	13MP	13MP		8MP	
	X60	3	48MP	13MP	13MP			
	X50 Pro+	4	50MP	13MP	32MP		13MP	
	X50 Pro	4	48MP	8MP	13MP		8MP	
	X50	4	48MP	8MP	13MP	5MP		
小米	S7e	3	64MP	8MP	2MP			
	小米 11	3	108MP	13MP	5MP			
	小米 10 至尊	4	48MP	20MP	12MP		48MP	
	小米 10	4	108MP	13MP	2MP	2MP		

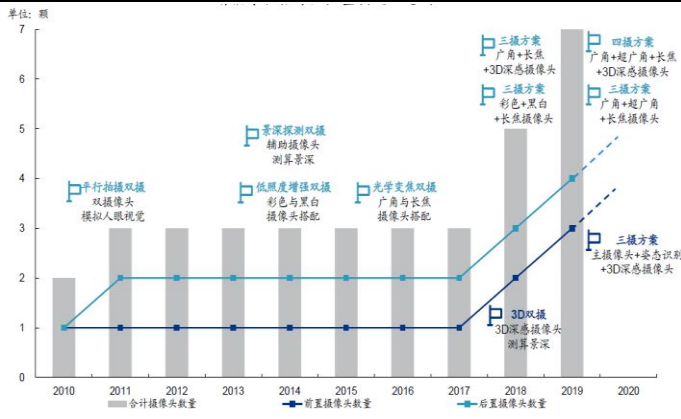
小米 10 青春版	4	48MP	8MP	未标注	8MP
红米 K30S 至尊	3	64MP	13MP	5MP	

资料来源：信达证券研发中心整理

3、中端机型稳定三摄，旗舰机创新不止

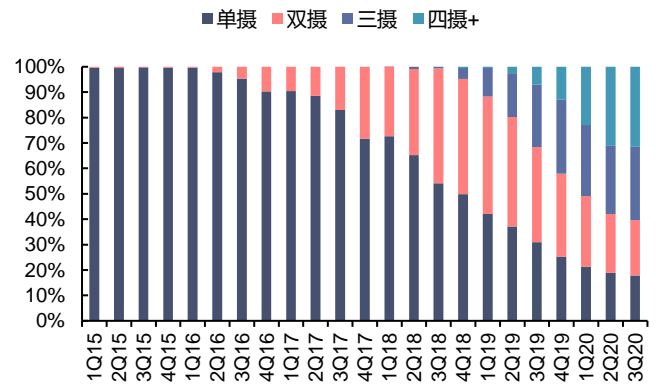
苹果及华为开创了多摄的风潮，各大厂商亦积极跟进。根据咨询机构 IDC 的数据，近年来多摄手机占比不断提升，2020 年三季度，搭载双摄及以上的手机占比已经超过 80%，其中三摄以上机型占比达到 60%左右。

图 14：智能手机摄像头数量演变示意图



资料来源：格科微招股说明书，信达证券研发中心整理

图 15：CIS 传感器的结构示意图

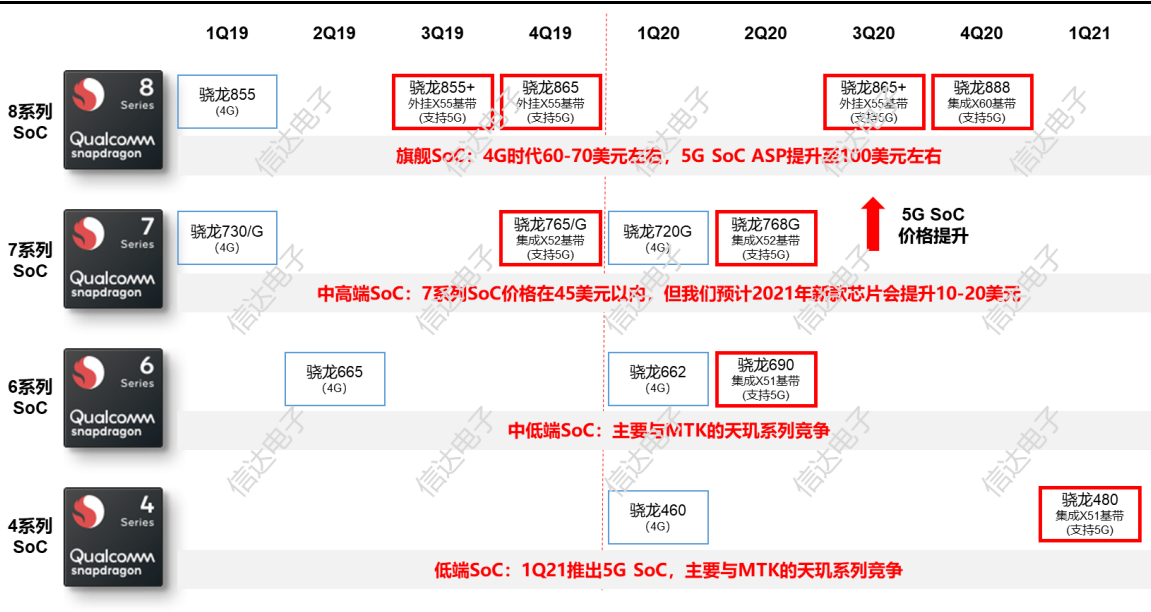


资料来源：IDC，信达证券研发中心

然而伴随着 5G 时代的来临，各家厂商为争夺先发优势，不断推出价格更低的 5G 手机。价位段下沉的同时，伴随着 5G 套片及射频价值量的提升，从而挤压了其他零部件的成本，光学模组作为成本占比较高的部件，不可避免会受到阶段性影响。

据信达电子产业链调研，处理器方面：高通主打旗舰机的 8 系列处理器 ASP 100 美金左右，相较 4G 时代 ASP 提升了 30 美金有余；而高通中高端 7 系列处理器在 45 美金以内，但我们预计 2021 年新款方案售价会提升 10-20 美金。射频芯片方面：旗舰机 Sub-6 方案相较 4G 方案价值量提升了 15 美金左右，即便是不追求全频段覆盖的中低端机型，其价值量相较 4G 也有 5 美金左右的提升。

图 16：高通骁龙 4-8 系列芯片产品矩阵图（红框-支持 5G、蓝框-仅支持 4G）



资料来源：信达证券研发中心整理

受处理器及射频芯片的挤压，我们认为 2021 年中端机型会稳定在三摄方案，不再追求量的进一步堆叠。我们在这里以各大手机厂的次旗舰机型为例：vivo S 系列在 2020 年共推出 3 款手机，其中最新款 S7e 售价 2398 元起，采用了 64MP 广角+8MP 超广角+2MP 虚化镜头的三摄方案，而此前发布的 S5/S6 机型均为四摄。小米亦是如此，作为 2000-4000 元的主力机型，红米 K30 系列的最新款 K30s 至尊版也从四摄降至三摄。

有部分投资者担心摄像头数目减少会影响用户满意度，但我们了解到，摄像头数目在超过三个之后，用户的感知是边际大为减弱的，各大手机厂在做此决策之前做了充分的用户画像调研。同时就价值量来看，从四摄降至三摄，一般减少的是一颗 200-500 万像素的微距或人像摄像头，对模组及 CIS 供应商的业绩影响非常有限。

图 17：红米 K30 系列光学规格



	Redmi K30 5G	Redmi K30 Pro	Redmi K30 Ultra	Redmi K30s Ultra
发布时间	2019-12	2020-03	2020-08	2020-10
主摄	6400万像素主摄	6400万像素主摄	6400万像素主摄	6400万像素主摄
副摄1	800万像素超广角	1300万像素超广角	1300万像素超广角	1300万像素超广角
副摄2	500万像素微距	500万像素长焦	500万像素长焦	500万像素微距
副摄3	200万像素人像	200万像素人像景深	200万像素人像景深	-
SoC	骁龙 765G	骁龙 865	天玑 1000+	骁龙 865
起售价	RMB 1999	RMB 2999	RMB 1999	RMB 2599

资料来源：小米，信达证券研发中心整理

而旗舰机型方面，我们认为光学升级仍未停步，如小米 10 至尊版、华为 Mate 40 Pro+、vivo X50 Pro+ 采用了潜望式摄像头；iPhone 12 Pro 系列首次搭载了 LiDAR 激光雷达。我们认为，未来随着潜望、TOF 等光学创新的日渐成熟，其价位段亦将不断下沉至中端主力机型，可期待光学的创新表现。

图 18：HMOV 旗舰机型的光学系统继续升级，搭载了潜望式或 3D 深感摄像头



资料来源：各品牌官网，信达证券研发中心整理

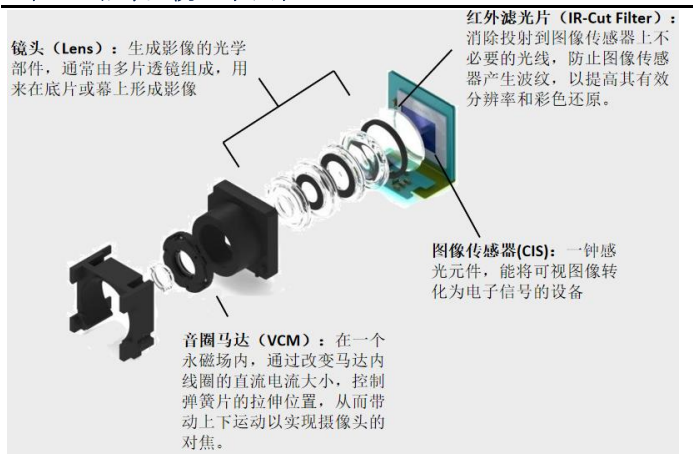
二、质：高像素+大底， CIS 快速升级

光学创新中除了在镜头的“量”上有提升之外，另一明显的发展趋势是大底高像素的 CIS 在“质”上的提高。我们认为在高端旗舰机型上，大底是主要升级方向，即单像素的尺寸变大，从而带动成像效果的提升；中低端机型，高像素则是主要升级方向，其中 0.7 μm 64MP 将成为中端主流，48MP 将逐渐下沉至低端机型，而且未来可期待 0.64 μm 带来的成本改善。

1、像素微缩成主流趋势

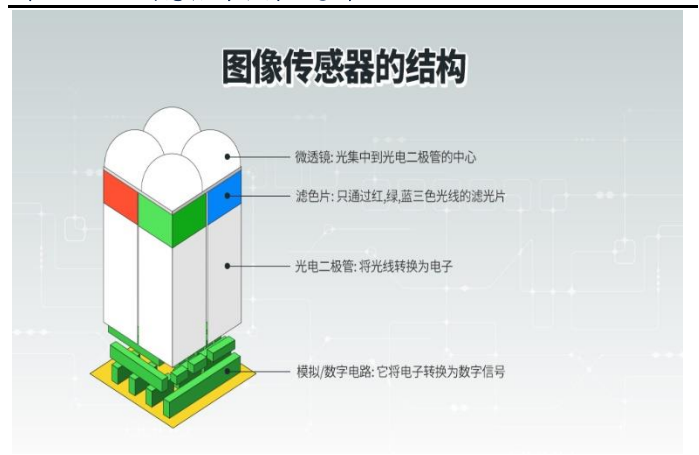
CIS 的主要组成部件包括微透镜、滤光片、CMOS 和处理电路。微透镜的作用是聚光，增大像素的感光面积；滤光片是用来获取被拍摄物体的颜色信息；CMOS 受到光照就会将光信号转化成电信号；处理电路最后将影像还原。一个 CIS 上的像素数就是将 CIS 传感器分割成的份数，每个像素单独感光，所有像素的感光结果组合成为最终图像。

图 19：摄像头模组的结构



资料来源：信达证券研发中心整理

图 20：CIS 传感器的结构示意图



资料来源：sk hynix，信达证券研发中心

理想情况下，像素数越多意味着图像解析力越好，使得在光照充足条件下出片效果更好，体现在成像效果上就是更高的信噪比和更高的锐度。同时也可以让照片在被截取之后仍有较好的清晰度，从而助力更高倍率的数字变焦或混合变焦。

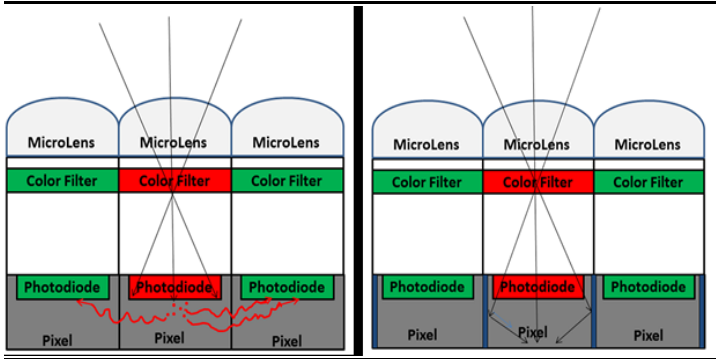
实际情况中，对于相同尺寸的 CIS，如果不改进设计和工艺，单纯地提高像素值，成像效果可能会变差。

首先，在 CIS 尺寸不变的前提下，像素数越多，单个像素的尺寸则越小，像素密度就越大，而像素密度的提升则会带来串扰 (crosstalk) 的问题，即原本属于某像素的外界光线，在以倾斜角度入射时，在穿过微透镜和彩色滤光片之后，可能会穿越到其临近的像素上，这就会对成像产生不利的影

其次，光线在抵达像素前，要先经过微透镜，而相邻的微透镜间存在一小间隙，外界光线如果照射到这一间隙上就无法进入像素，而像素密度的提高会使得这种光线的“浪费”更加严重，对成像造成不利影响，因为像素的作用是感光，收集到的光线越多，拍照效果才更好。

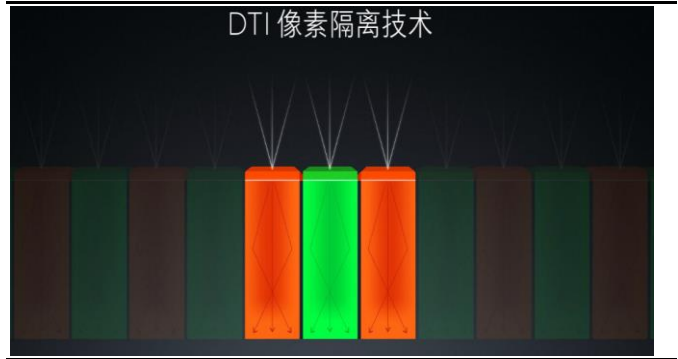
另外，在设计上，传统非堆栈式 CMOS 结构的感光区域周围有一部分是电路，尺寸本就很小的感光区域内增大的像素数会导致单个像素尺寸变得更加小。

图 21: 串扰示意图及其解决方案



资料来源: ofweek, 信达证券研发中心

图 22: 索尼 DTI 像素隔离技术示意图



资料来源: sony, 信达证券研发中心

但是, 上述问题都有相应的解决方案, 保证高像素的成像质量。首先, 对于串扰问题, 解决办法就是深槽隔离技术 (DTI), 即在邻近像素之间加上隔断, 从而防止串扰。其次, 微透镜间的不透光间隙导致 CIS 光线利用率低的问题, 可通过增加每个微透镜覆盖区域面积从而去掉不透光间隔的方案解决。此外, 非堆栈式 CMOS 结构中像素感光区域面积较小, 而堆栈式的方案则可以有效解决这一问题。堆栈式方案将像素周围电路移到了像素下层, 像素从而可以占据更大面积, 使得进光量提升。

图 23: CIS 像素技术的发展历程

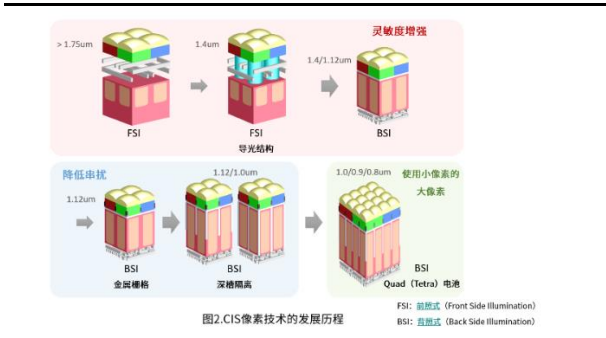
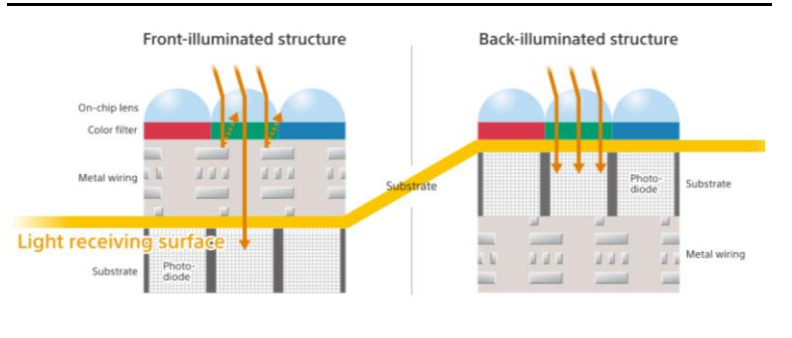


图2.CIS像素技术的发展历程

资料来源: sk hynix, 信达证券研发中心

图 24: 背照式方案对比



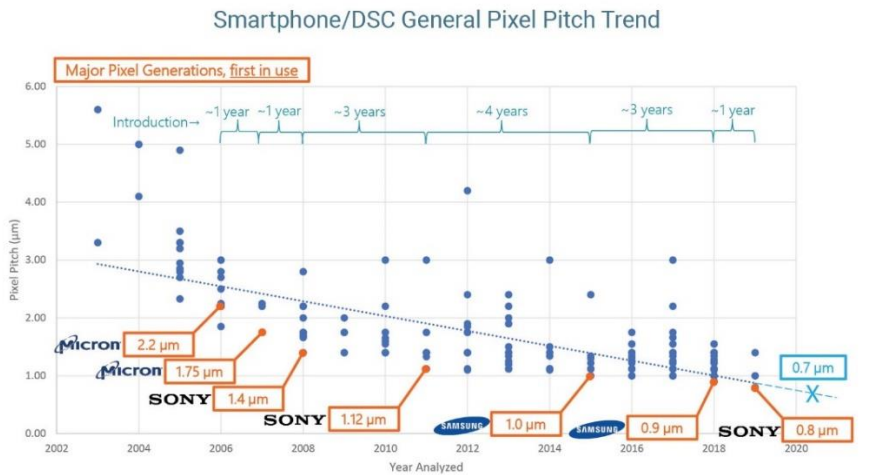
资料来源: sony, 信达证券研发中心

普通用户对像素升级的感知度是极为显性的, 因此手机厂热衷于主打高像素卖点。但对于中端手机而言, 还需保持产品性价比、控制成本, 因此 CIS 像素尺寸微缩势在必行。目前图像传感器主要采用 0.8 μm 像素尺寸, 而豪威科技则率先进入 0.7 μm 时代, 于 2Q20 推出 0.7 μm 的 OV64B, 抢占了市场先机。随后三星跟随豪威的脚步, 也推出了自家的 0.7 μm 产品, 但较豪威有半年以上的时间差。而索尼则受限于自有 55nm 制程, 需要寻求外部晶圆代工合作, 才可生产 0.7 μm 及以下 CIS, 产品推出时间仍有较大不确定性。综上, 豪威有望持续引领像素微缩趋势。

表 2: 三星的 0.7 微米 CIS 产品线

型号	分辨率	尺寸	Pixel-binning	视频	量产时间
HM2	108MP	1/1.53"	3x3	120fps 4K	3Q20
GW3	64MP	1/1.97"	2x2	60fps 4K	3Q20
GM5	48MP	1/2.55"	2x2	60fps 4K	3Q20
JD1	32MP	1/3.14"	2x2	120fps FHD	3Q20

资料来源: 三星, 信达证券研发中心

图 25: 智能手机的像素尺寸变化趋势


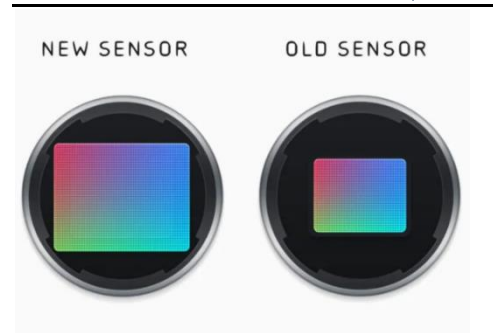
资料来源: Techinsights, 信达证券研发中心

2、大底+高像素，旗舰机标配

对于旗舰手机而言，品牌厂商追求极致的成像效果，所以会使用越来越大的 CIS 来提高像素尺寸。像素越大，就能捕捉更多光线，从而让照片拥有更丰富的细节和色彩，尤其是在弱光环境下，也能拍出清晰的照片。提高像素尺寸的最直接办法就是增加传感器的大小，以小米 10 至尊版为例，其采用了豪威的 48MP 传感器 OV48C，感光尺寸高达 1/1.32 英寸，dxomark 拍照评分达到 133 分，直接斩获评测头名。为了争夺高端旗舰市场，CIS 厂商也在不断推出大底高像素的传感器，以豪威的 6400 万像素传感器 OV64A 为例，该款 CIS 的像素尺寸达到了 1 μ m，与其 0.8 μ m 的 6400 万像素 CIS 相比，OV64A 的灵敏度提高 60% 以上，在低光条件下的性能更加优异。

图 26: 华为旗舰机


资料来源: image sensors world, 信达证券研发中心

图 27: iPhone CIS 大小比上一代提升 47%


资料来源: macobserver, 信达证券研发中心

“大底”和高像素的结合，既可增强图像解析力，又能在低光环境下让成像更清晰；另外可实现更高倍率的数字变焦或配合光学变焦的“混合变焦”；同时也能通过“过采样”实现更高的画面信噪比和锐度。但随着这一趋势的不断发展，进行反拜耳运算以及图像数据处理的运算量会大幅增加，对于算力的要求也会水涨船高，对处理器的性能也有更高的要求。尽管都搭载了 1 亿像素 CIS，小米 CC9 Pro 需要 3-4 秒才能生成照片，而小米 11 则可以迅速成像，可见旗舰级处理器方能从容应对 1 亿像素。而且，超高像素可能带来的衍射效应、镜头自身解析力的局限、以及图像处理算法等因素也都互相牵制地共同影响着最终的成像效果，因此我们预计大底+高像素短期只会应用于旗舰机型，长期有望逐渐下沉至更多机型。

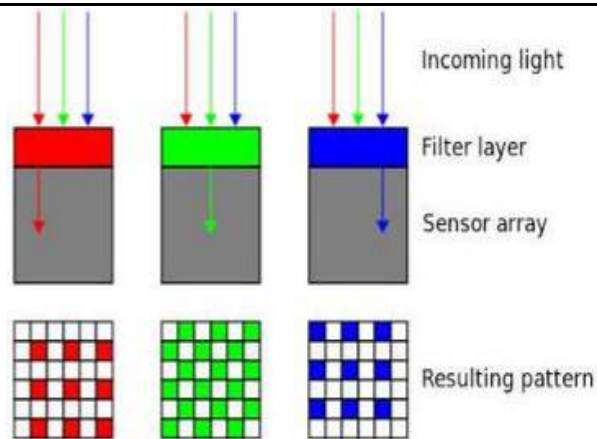
图 28: 旗舰机主摄使用越来越大的 CIS

Year	2016	2017	2019	2020	2021	
CIS尺寸	 1/3.00 inch	 1/2.55 inch	 1/1.70 inch	 1/1.33 inch	 1/1.33 inch	 1/2.00 inch
机型	Apple iPhone 7 Plus	三星 Note 8	华为 Mate 30 Pro	三星 S20 Ultra	小米11	Compact DSLR

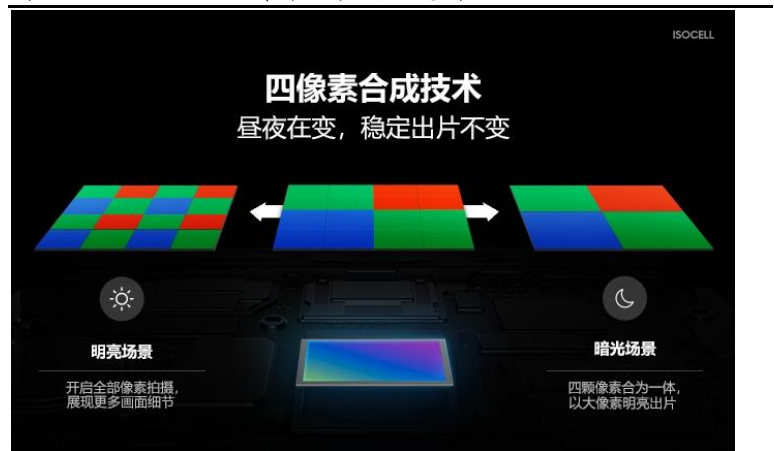
资料来源: counterpoint, 信达证券研发中心

3、CMOS 底部架构改进

除了增加尺寸以外，提升 CIS 进光量的另外一个途径是改变滤镜的排列方式。具体来说，在传统的拜耳阵列的彩色滤镜系统下，每个像素都只能感知红绿蓝的一种色光，最终出片需要通过某种“猜色”算法（反拜尔运算），来还原每个像素的真实色彩。而索尼的 Quad Bayer 阵列和三星的 Tetracell 阵列，其目的都是实现“四像素合一”，每四个像素都同时采用同一种色彩的滤镜，从而实现每四个像素感知一种色光，就好像合成了一个面积达到单像素四倍的大像素一样联合工作。具体应用中，以 48MP CIS 为例，在白天强光情况下，可通过独立的信号处理器直接输出有效像素 48MP 的高清图像，在弱光/夜景拍摄情况下利用像素合成技术提升进光量进而提升画质，而像素也变成了 12MP。

图 29: 拜耳阵列滤光示意图


资料来源: CSDN, 信达证券研发中心

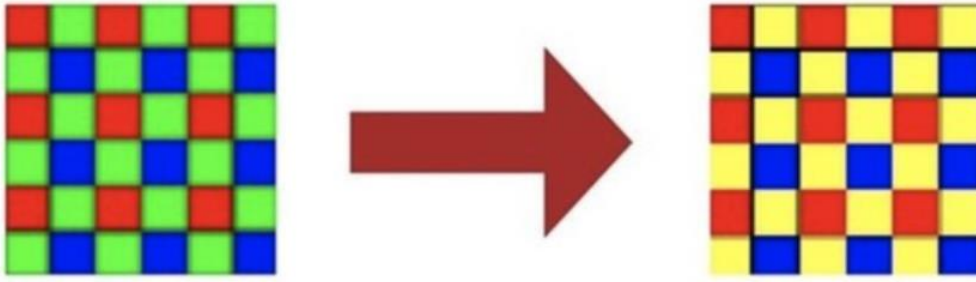
图 30: 三星 Tetracell 排列结构变换示意图


资料来源: 三星, 信达证券研发中心

但是，上述四像素合一的方案也并非由原来 $0.8\mu\text{m}$ 的像素突变成 $1.6\mu\text{m}$ 大像素这么简单。三星的方案中，四个像素的表面积的确比一个像素大，但它还是无法和一个真正的大像素相比，因为像素合成和像素间隔断等牺牲的表面积，仍然带来了不少影响。同时，暗光下的有效像素也大大降低，图像解析力也随之降低。

所以，部分厂商提出了转换 CMOS 传感器底部架构的方法提升进光量。例如，华为 P30 Pro 中采用的 CIS 由传统的拜耳 RGGB 结构改为了 RYYB 结构。RYYB 结构将两个绿色像素 (G) 换成了黄色像素 (Y)，因为黄色是由绿色和红色相加而成，简单理解的话，可以认为 $\text{RGGB} = \text{红} + \text{绿} + \text{绿} + \text{蓝}$ ，而 $\text{RYYB} = \text{红} + \text{黄} + \text{黄} + \text{蓝} = \text{红} + (\text{绿} + \text{红}) + (\text{绿} + \text{红}) + \text{蓝}$ 。因此相比 RGGB 结构，RYYB 结构变相地增加了红色的进光量，其可提升进光量达 40%，所以有绝佳的暗光夜景拍摄效果。但是由于黄色像素较多，会出现偏色问题，需要强大的图像处理器和算法来实现更好的调色准确性。

图 31: RGGB 结构变为 RYYB 结构



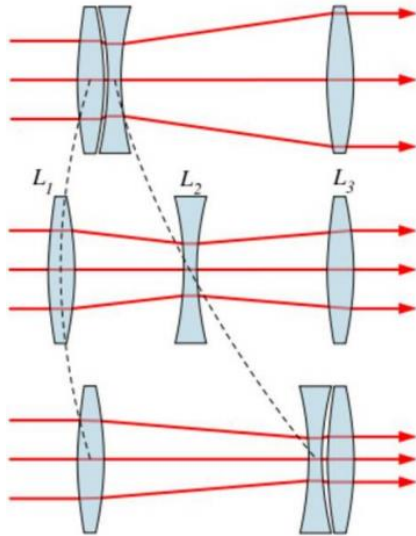
资料来源: 中关村在线, 信达证券研发中心

三、手机光学创新持续向前

1、光学变焦能力持续增强，潜望式加速渗透

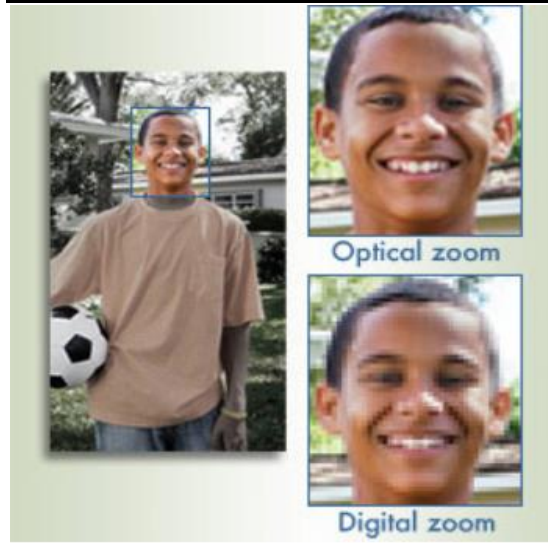
为了拍清楚远近不同距离的景物，摄像头需要进行变焦。变焦目前分为光学变焦，数码变焦和混合变焦三种。**光学变焦 (optical zoom)** 是通过改变镜头间的距离，从而改变镜头焦距来实现变焦，不会降低画质，光学变焦倍数取决于长焦与广角镜头等效距之比；**数码变焦 (digital zoom)** 则是将图片内的每个像素面积增大，从而达到放大图像的目的，因此会有严重降低画质的表现，一般像素越大，数码变焦倍数越大；**混合变焦 (hybrid zoom)** 则是在数码变焦后通过其它镜头对变焦后丢失的部分进行补充，使数码变焦的画质进行提升，画质处于数码变焦和光学变焦之间，并且算法对混合变焦的效果有较大影响。

图 32: 光学变焦原理



资料来源: 维基百科, 信达证券研发中心

图 33: 数码变焦和光学变焦对比



资料来源: CSDN, 信达证券研发中心

在手机上实现光学变焦，而又不使镜头突出是件很困难的事。一般来说，光学变焦可分外变焦和内变焦。外变焦与数码相机的伸缩式镜头相似，然而在防水防尘和轻薄程度上均与现代手机不匹配。内变焦则是在不改变外部镜头的情况下，调整内部镜片之间的距离，这种方案的问题在于采用受手机厚度限制，水平放置的手机摄像头只能有较小的焦距，内变焦能力很有限。目前手机上实现光学变焦一般都是通过主摄+广角+长焦的三摄组合技术方案，一般只能达到 3 倍的光学变焦。

随着摄像头产业的发展，潜望式镜头成为了手机高倍变焦解决方案，潜望式镜头的实现原理是将原来需要长通道的长焦镜头垂直横置摆放，再通过特制的光学棱镜，让画面光线折射到长焦镜头的图像传感器。这样一来可在不增加手机厚度的前提下，大幅度增加摄像头的焦距，弥补内变焦的不足，实现更高倍数的光学变焦。

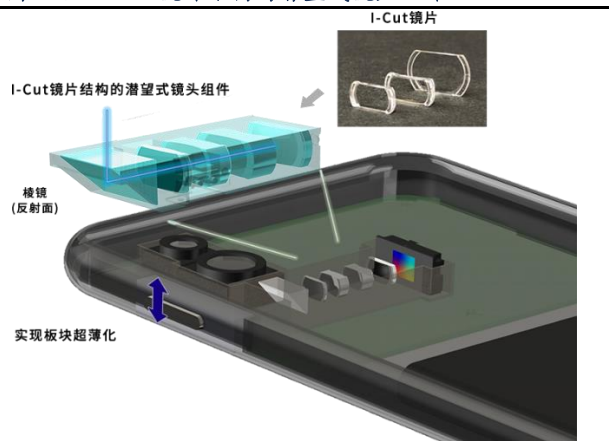
OPPO 是最早提出潜望式镜头概念的手机厂商，其于 2017 年的世界移动通信大会上首次展示了潜望式镜头结构，可实现 5 倍光学变焦，并于 2019 年的 OPPO 创新大会上首次展示了基于潜望式镜头结构的 10 倍混合光学变焦技术。业内首个采用潜望式镜头的量产机型是华为于 2019 年 3 月发布的 P30 Pro，其拥有 50 倍数码变焦，号称可以轻松拍月亮。OPPO、vivo 也先后在 2019 年推出了基于潜望式镜头结构的机型。2020 年 3 月，华为发布的 P40 Pro+ 甚至实现了 10 倍光学变焦、100 倍数码变焦，标志着手机变焦的新起点。而后同年发售的小米 10 至尊版、华为 Mate 40 Pro+、vivo X60 Pro 等旗舰机型也均搭载了潜望式摄像头。

表 3: 不同光学变焦解决方案对比

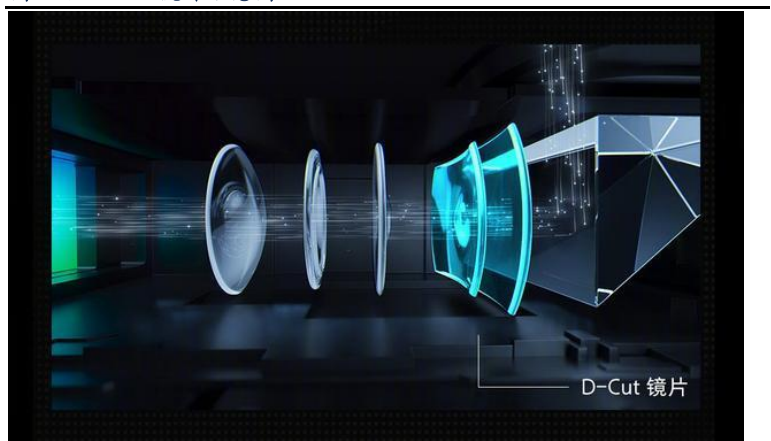
解决方案	外变焦	内变焦	潜望式
样式			
变焦效果	可实现 10 倍光学变焦	可实现 2-3 倍光学变焦	可实现 10 倍光学变焦，100 倍数数码变焦
特点	笨重，耗电量大，易损坏，多用于相机	防水防尘性能更好，然而追求高倍数光学变焦时，厚度会显著增加，不符合手机轻薄化趋势	支持高倍对焦的同时，不增加手机摄像头厚度

资料来源：信达证券研发中心整理

模组创新保障潜望式镜头拍照性能，以 OPPO Reno 10 倍混合变焦镜头为例，OPPO 通过共马达设计把超清主摄和长焦镜头的对焦马达合二为一，既降低了模组厚度，也保证了长焦镜头能够使用到更大的传感器；另外还采用了“D-Cut”（亦称 I-Cut 或 H-Cut）光学镜片进一步降低长焦镜头的模组厚度。此外，长焦镜头还需要光学防抖功能保障成像质量。这是因为，外部光线首先需要经过一个折射棱镜才能进入长焦镜头最终成像，这一过程要保证光路具有较高的精度，如果没有光学防抖，光路的一点偏移就会被放大，对成像质量造成致命影响。

图 34: D-Cut 镜片结构的潜望式镜头组件


资料来源：nisseig, 信达证券研发中心

图 35: D-cut 镜片示意图


资料来源：sohu, 信达证券研发中心

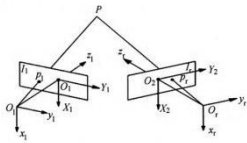
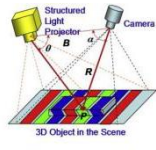
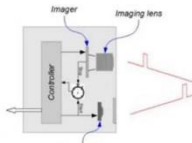
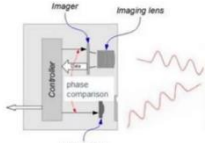
由于潜望式镜头内部增加了光学转换部件、转圈马达、棱镜等，技术门槛和成本仍然较高。据产业链调研，目前高端潜望式镜头模组价格约为 60 美元。2019 年，仅有少数旗舰机型搭载了潜望式镜头，潜望式镜头出货量约 0.1 亿颗。2020 年因疫情的关系，潜望式镜头上升势头略受影响。2021 年伴随疫情消散，潜望式模组技术逐渐成熟，有望逐步在高端机型上普及。

2、AR 应用日益兴起，利于深度相机发展

在生物识别、机器视觉、自动驾驶等新技术蓬勃发展的情况下，普通的彩色 2D 相机已无法满足需求，新型的相机被要求能像人眼一样识别并记录三维世界，进行动作和物体的识别与场景的建模。深度相机由此诞生。它能检测出拍摄空间的景深距离，相当于在传统的 2D XY 轴的成像基础上，加入了 Z 轴方向的深度信息，这样就能获取图像中每个点的三维空间坐标。通过三维坐标就能还原真实场景，实现场景建模等应用。目前的深度相机根据其工作原理可以分为三种：飞行时间法（ToF, Time of Flight）、双目立体视觉和结构光，其中 ToF 又

可分为间接测量飞行时间法（iToF）和直接测量飞行时间法（dToF）。

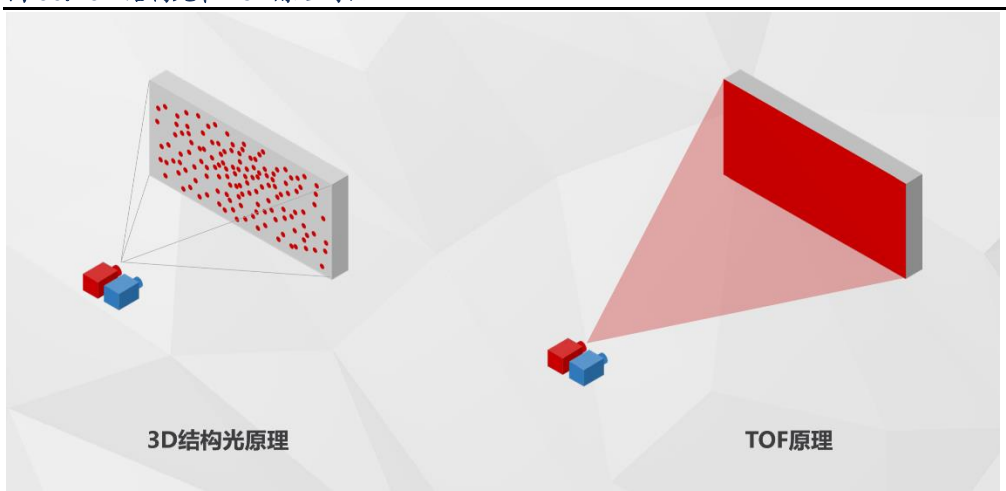
表 4: 不同深度相机解决方案对比

解决方案	双目立体视觉	结构光	iToF	dToF
原理示意				
原理	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。	通过近红外激光器，将具有一定结构特征的光线投射到被拍摄物体上，再由红外摄像头进行采集，通过运算单元换算成深度信息，以此来获得三维结构。	利用调制的连续波产生的相位差来获知距离差	通过计算光子飞行的两端时间差来计算距离
优点	硬件要求低，成本也低，普通 CMOS 相机即可；在光线不处于昏暗的前提下，室内外都适用	方案成熟，方便小型化，资源消耗较低；主动光源，夜晚也可使用；10m 以内精度高，分辨率高	原理、集成较简单，技术较成熟；能满足一定精度的深度信息测量	测量精准、快速响应、低功耗以及多物体同步精确检测
缺点	对环境光照非常敏感；不适用单调缺乏纹理的场景；计算复杂度高；基线限制了测量范围，一般为 2m 内，导致无法小型化	容易受环境光干扰，室外体验差；随检测距离增加，精度会变差	精度偏低，随距离下降严重，功耗大、易受干扰	工艺较复杂、供应厂家较少，集成难度较高

资料来源：信达证券研发中心整理

目前，应用技术比较成熟的为结构光和 ToF，两项技术各有侧重点和适配使用场景。结构光最大的优势是发展的相对成熟，成本比较低。自 2017 年 iPhone X 首次搭载结构光之后，结构光就在智能手机上得到了广泛应用。它能够获取面部的立体信息，主要运用在面部解锁和移动支付上，一定程度上提升了便利性。它的最大劣势是应用范围受限，受光源影响大，更适合短距离使用。ToF 方案响应速度快，识别范围大，不易受环境光线干扰，且利于设备的小型化，或将成为未来手机深度镜头新的主流。

图 36: 3D 结构光和 ToF 原理对比

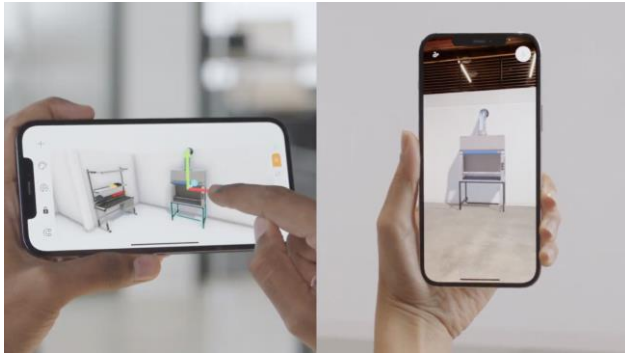


资料来源：雷科技，信达证券研发中心整理

深度摄像头的应用主要有三个方向：一是手机端 AR 应用，比如人物识别、三维建模、AR 导航、AR 游戏、动画表情、体型识别等；二是优化拍照体验，用以实现更加精细自然的背景虚化和美颜等；三是实现人脸解锁、手势操作等复杂功能。

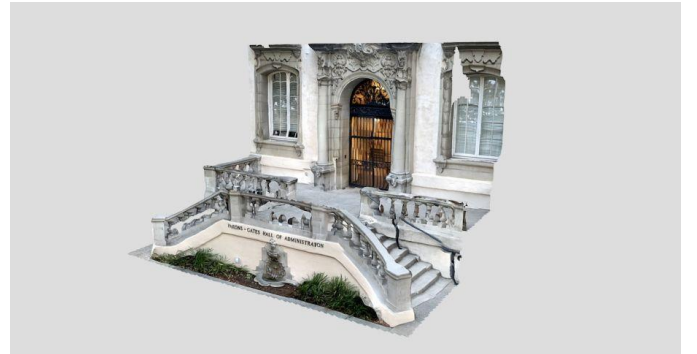
苹果一直以来对深度相机投入较大，其于 2020 年 3 月推出的 iPad Pro、10 月推出的 iPhone 12Pro 系列采用了 dToF 技术，有别于之前国内安卓手机已发布的几款带 iToF 的机型，dToF 性能更优，AR 体验的精确度、流畅度都大大增加，功耗也将大幅降低，但生产工艺也更复杂。除了 dToF 技术，苹果也在积极推进 AR 应用的开发赋能。早在 2017 年，苹果就推出了 AR 开发平台 ARKit。受苹果影响，安卓手机产业链也可能会加速跟进更多适用于手机端的深度相机应用与解决方案。随着 5G 的蓬勃发展，万物互联的智能物联网时代即将来临，深度摄像头作为三维世界信息采集的入口，或将扮演更重要的作用，有望大放异彩。

图 37: ToF 可以增强手机上的 AR 体验



资料来源: technews, 信达证券研发中心

图 38: 使用 LiDAR 进行 3D 图像建模



资料来源: 80lv 官网, 信达证券研发中心

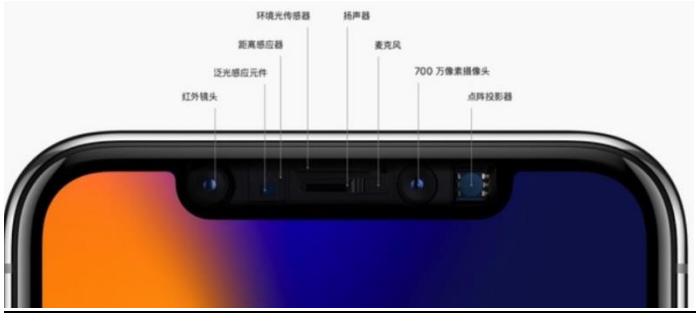
图 39: 部分搭载深度感测传感器的机型



资料来源: 信达证券研发中心整理

3、全面屏理想方案，屏下摄像头尚需时日

当前智能机进入存量时代，在没有划时代变革的背景之下，产品交互和外观设计则成为了各大厂商之间竞争的手段。屏占比是外观设计的重要部分，而为了最大程度地提升屏占比，必须解决摄像头模组等的放置问题。目前市面上的解决方案有异形屏和机械结构两种，其中消费者对异形屏褒贬不一，而且由于其改变了玻璃压力，摔落时有易碎屏的特点。

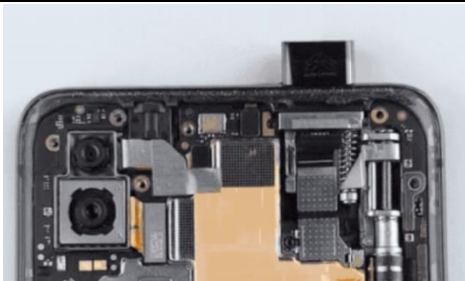
图 40: iPhone X 刘海屏搭载的元器件


资料来源: Apple, 信达证券研发中心

图 41: 挖孔屏、水滴屏和刘海屏样式


资料来源: 华为, 信达证券研发中心

在机械结构的分类下, vivo 和 OPPO 等厂商推出了电动升降式摄像头, 之后 OPPO 和小米等厂商也推出过推拉滑盖式方案。这些方案可以显著提高屏占比, 但升降式摄像头对模组大小有要求, 而滑盖式方案的机械结构体积过大, 影响机身厚度。同时, 引入机械结构会不同程度上影响防水防尘表现, 升降结构的稳定性与响应速度也会影响拍照体验。

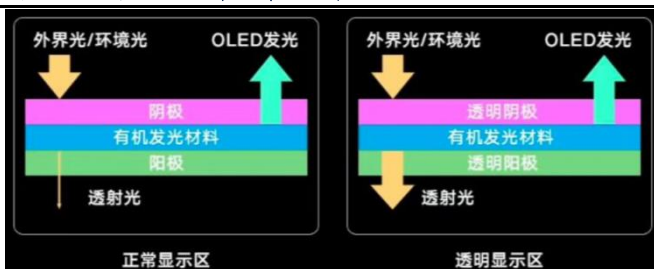
图 42: 升降式摄像头


资料来源: CSDN, 信达证券研发中心

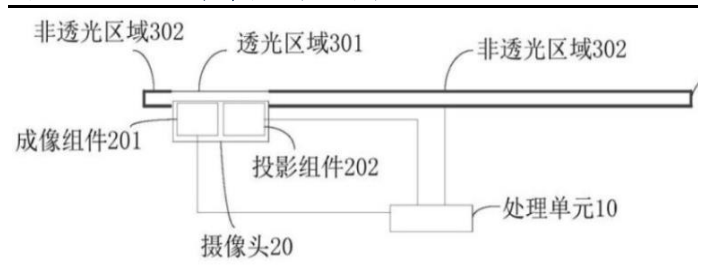
图 43: 滑盖式摄像头


资料来源: CSDN, 信达证券研发中心

屏下摄像头则可以完美解决前摄摆放的问题, 实现真正的全面屏手机。顾名思义, 屏下摄像头是将前置摄像头模组放置在屏幕下。OLED 是自发光, 结构轻薄, 更易实现高透光率, 因此成为屏下摄像头技术的必然选择。将摄像头置于屏下看似简单, 但在保证摄像效果的同时, 也要保证屏幕显示素质的技术实现难度却很大, 不同厂商也提出了各自的解决方案。从小米公布的“隐视屏”解决方案来看, 其在前置摄像头区域上的屏幕上做到了高透光和低反射的特性, 可实现不拍照时显示内容, 拍照时变透明玻璃, 使得外界的环境光线可以透过屏幕到达摄像头, 从而实现成像。而在 OPPO 的专利中, 显示屏被分成了两个区域, 一个是正常显示的非透光区域, 另一个是摄像头上方的透光区域。在透光区域下, 藏有成像组件以及投影组件两部分, 其中成像组件负责拍照, 而投影组件则负责向显示屏投影显示内容。进而实现了把摄像头藏在屏幕底下的同时也能在这块区域上进行显示的目的。

图 44: 小米“隐视屏”解决方案


资料来源: 小米, 信达证券研发中心

图 45: OPPO 关于屏下摄像头的专利


资料来源: OPPO, 信达证券研发中心

屏下摄像头首要的问题在于 OLED 屏幕的透光率。虽然 OLED 屏材质看似透明，但对于光线仍会存在一定的反射和吸收，再加上玻璃盖板、显示层、基板等，透光率会进一步降低。传统 OLED 屏的透光率本身为 40%-50%，但如需实现完美的屏下拍摄，OLED 屏的透光率需达 80-90%。因此，摄像头对应的屏幕区域需进行特殊设计，屏幕的像素结构需要有针对性地重新构造与设计，尽可能实现摄像头部分的面板“透明化”，提升屏幕透光率，以实现良好的拍照效果。

除了硬件方面的优化，后期算法也可以帮助过滤掉一部分阻碍，并进行补色修复。当前的 AI 技术即可实现该部分的优化，但需要实现对屏幕微观层面相对精确的测量。例如，在 2019 年举办的世界移动通信大会上，OPPO 提出了“透视全景屏”的概念，有针对性地调整了白平衡算法，以适应不同光源并校准画面色彩，从而实现更切合实际的拍照效果。此外，通过多帧 HDR 算法和去雾算法等算法层面的优化，OPPO 提出的“透视全景屏”还可在未来支持智慧美颜、滤镜等实用功能。

屏下摄像头虽然美观，但其导致屏幕结构的改变也会为前置相机的性能带来限制。**为了不影响屏幕的正常使用，屏下摄像头的整体厚度和头部尺寸需要做得更小，整体结构向扁平化发展。**摄像头尺寸的缩减，对摄像头模组设计尤其是光圈大小方面提出了挑战。相机感光度的提升需要增大传感器像素尺寸。由于置于屏下镜头尺寸有所限制，无法采用大尺寸传感器，因此整体像素相对较低。**如果想要实现屏下摄像头更好的成像效果，除了需要上游屏幕厂商定制的 OLED 屏之外，还需要上游摄像头厂商的配合优化，重新构造和设计。**

目前，国内外各大手机厂商早已致力于研究屏下摄像头技术，并且已经都取得相关专利。2019 年，华为、三星、OPPO、小米、一加等都发布了屏下摄像头的概念机，2020 年中兴发售的 Axon20 更是正式搭载屏下摄像头，各大厂商的加入和布局有望使屏下摄像头成为热点竞争赛道。

四、自动驾驶渐行渐近，车载摄像头冉冉升起

1、车载算力不断增强，自动驾驶级别提升

汽车是日常出行的主要代步工具之一，其行驶安全直接关系到民众生命安全。根据日产汽车 2017 年的报告，高达 90% 的事故是疲劳驾驶、酒后驾驶等等人为错误引起的。自动驾驶系统的引入能够有效降低人为因素造成的交通事故，密歇根大学交通研究所曾分析了 2013-2017 年 370 万辆汽车的行驶状况，发现 L1 和 L2 级别的自动驾驶系统可显著降低交通事故的发生概率。因此从安全性的角度出发，自动驾驶系统有望成为未来汽车的标配。

图 46：搭载自动驾驶系统的汽车



资料来源：搜狐，信达证券研发中心

图 47：ADAS 功能的引入可降低事故发生率



资料来源：密歇根大学交通研究所，信达证券研发中心

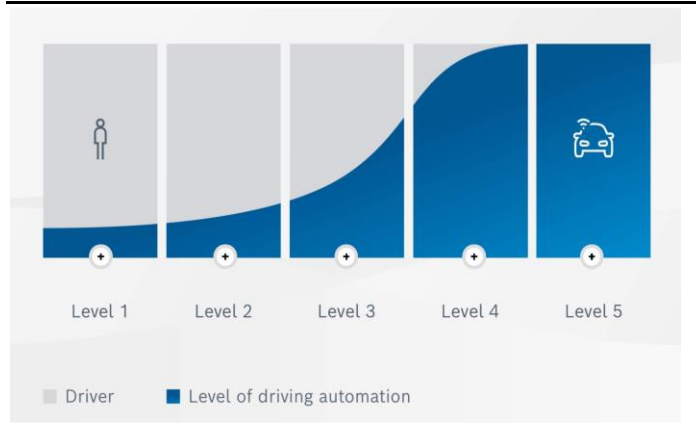
根据美国汽车工程师协会（SAE）的定义，自动驾驶分为六个级别，分别对应完全人类驾驶（Level 0）到完全自动驾驶（Level 5）。在 L0-L2 这三个阶段中，以驾驶员为主体，其中 L0 级别自动驾驶只提供感知信息，不参与操控，目的是辅助增强驾驶员对环境和危险的感知能力；L1 级别自动驾驶系统开始介入特定条件下的驾驶操控，提供如 ACC（自适应巡航）、AEB（紧急刹车）、LKA（车道保持辅助）等功能；L2 级别自动驾驶系统则更进一步，开始具备驾驶操控能力，但是需要驾驶员注意行车环境，随时待命以应对紧急情况。L3 级别以上的阶段，自动驾驶系统成为汽车操作主体，可以实现大部分驾驶功能，而驾驶员扮演辅助角色，并且不再需要随时待命。

图 48：自动驾驶系统各阶段定义及其特点描述

SAE 级别	名称	描述性定义	方向盘和加速/制动操作	驾驶环境监视	动态驾驶任务后备	系统能力 (驾驶模式)
人类驾驶员监视驾驶环境						
0	非自动驾驶	人类驾驶员执行整个动态驾驶任务，即使有警告或干预系统的加持	人类驾驶员	人类驾驶员	人类驾驶员	NA
1	驾驶员辅助	一个驾驶员辅助系统通过驾驶环境信息执行特定驾驶模式下的转向盘或加速/制动操作，人类驾驶员执行其余的动态驾驶任务	人类驾驶员和系统	人类驾驶员	人类驾驶员	一些驾驶模式
2	部分自动驾驶	多个驾驶员辅助系统通过驾驶环境信息执行特定驾驶模式下的转向盘和加速/制动操作，人类驾驶员执行其余的动态驾驶任务	系统	人类驾驶员	人类驾驶员	一些驾驶模式
自动驾驶系统（这里简称“系统”）监视驾驶环境						
3	有条件的自动驾驶	自动驾驶系统执行特定驾驶模式下的所有动态驾驶任务，人类驾驶员适当作出应答	系统	系统	人类驾驶员	一些驾驶模式
4	高度自动驾驶	自动驾驶系统执行特定驾驶模式下的所有动态驾驶任务，不要求人类驾驶员作出应答	系统	系统	系统	一些驾驶模式
5	完全自动驾驶	自动驾驶系统执行所有动态驾驶任务，不限定道路和环境条件，可由人类驾驶员接管	系统	系统	系统	所有驾驶模式

资料来源：onsemi, SAE, 信达证券研发中心

图 49：自动驾驶系统各阶段示意图

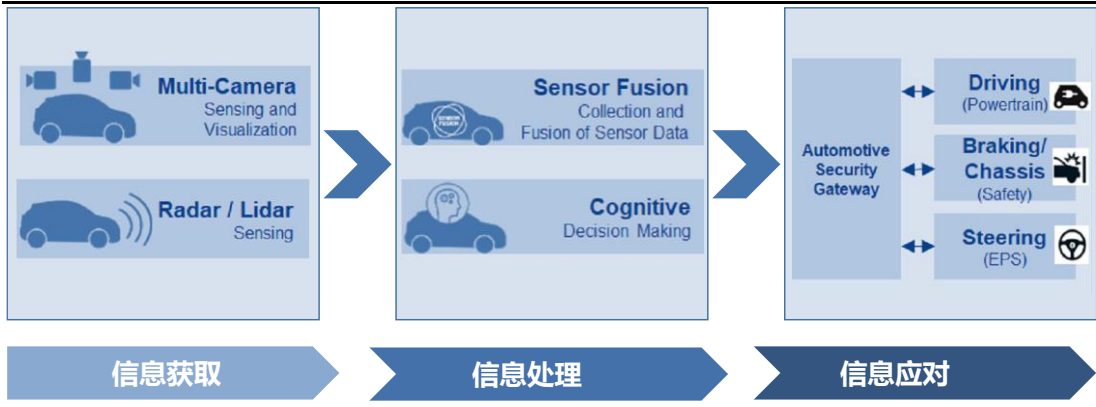


资料来源：bosch, 信达证券研发中心

从自动驾驶功能的实现过程来看，可以划分为三个阶段：环境信息的感知、认知、应对。其中，信息的感知是整个功能实现的最前端，主要依靠各类传感器实现，采集车身和行车环境的信息；信息的认知是使用车载处理器对

收集到的信息进行融合处理，并依据算法识别出道路、车辆、行人、路标等关键内容，并提供给司机或行车电脑相应的选择；而信息的应对则是最后一部分，由司机或行车电脑根据情况进行决策，做出最终的应对。由此可见，自动驾驶功能的实现与各类硬件层息息相关，L0级主要增加各类传感器，增强汽车的信息获取能力；L1-L2级因为要赋予汽车信息处理和应对的部分权限，需要汽车进行更多的运算，开始提升对车载算力的要求；L3级以上开始，汽车开始作为驾驶主体，对安全性有非常高的要求，因此对整个自动驾驶系统的能力都会有更高的要求。

图 50: 自动驾驶功能的实现过程

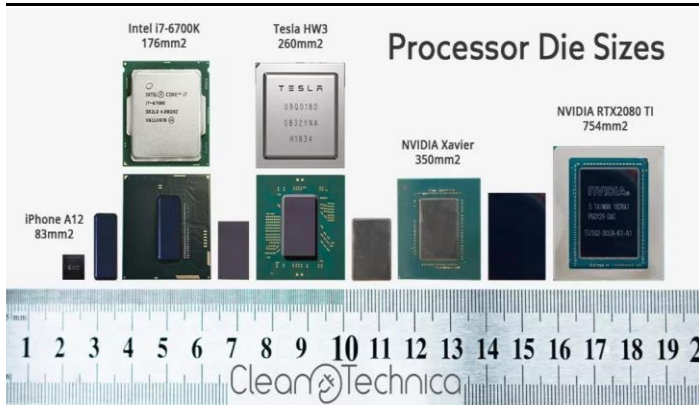


资料来源: Analog, 信达证券研发中心

目前来看，多数汽车搭载的自动驾驶系统还处于 L0-L2 级别之间。从背后的推动力来看，L0、L1 级别的自动驾驶系统普及更多地是与驾驶安全有关，汽车厂商逐渐加入紧急刹车、行人检测等主动安全功能，降低事故发生的概率；另外各个国家和地区也积极推进相关政策，如联合国欧洲经济委员会 2019 年年初曾宣布，日本和欧盟等 40 个国家和地区就强制引入自动刹车的规则草案达成协议，将要求乘用车和轻型商用车厂商必须安装自动刹车系统。

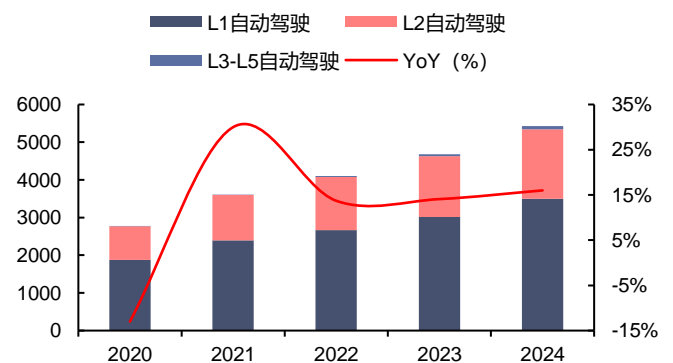
随着自动驾驶级别的提升，L2 级以上需要更强的软硬件能力，而半导体厂商和汽车厂商也在不断加大相关领域的投入，以特斯拉为例，该公司已经推出三代自动驾驶硬件，分别是 2014 年的 Hardware 1.0、2016 年的 Hardware 2.0、2019 年的 Hardware 3.0，其中 2019 年搭载的 FSD（全自动驾驶）芯片算力达 144 TOPS，相较其上一代芯片的 24 TOPS 大幅增长。而近期蔚来 ET7 的算力更是高达 1016 TOPS。算力增强可以支撑更多的信息处理，对未来 L2-L3 级的广泛应用起到更好的支撑作用。根据咨询机构 IDC 的预测，2024 年全球 L1 级自动驾驶汽车出货量将达到约 3495 万辆，2020 至 2024 年的 CAGR 为 16.9%；而 L2 级自动驾驶 2024 年出货量达到约 1843 万辆，2020 至 2024 年的 CAGR 为 19.8%。

图 51: 特斯拉车载 FSD 芯片的芯片面积对比



资料来源: oktesla, 信达证券研发中心

图 52: 全球自动驾驶汽车出货量预测 (万辆)



资料来源: IDC, 信达证券研发中心

2、摄像头是自动驾驶感知层核心部件

自动驾驶级别的提升会显著带动车载传感器市场的扩张，根据英飞凌的数据，L2 级的单车传感器价值量在 160-180 美元，L2+ 则有近一倍的价值量提升至 280-350 美元，而 L4-L5 级别更是高达 1150-1250 美元。随着自动驾驶功能日益普及，其级别从 L0 到 L2 的逐步跨越，对环境感知要求的也在不断增加，车载传感器将会有量价齐升的机会存在。

图 53：汽车搭载的半导体部件价值量逐渐提升



资料来源：infineon，信达证券研发中心

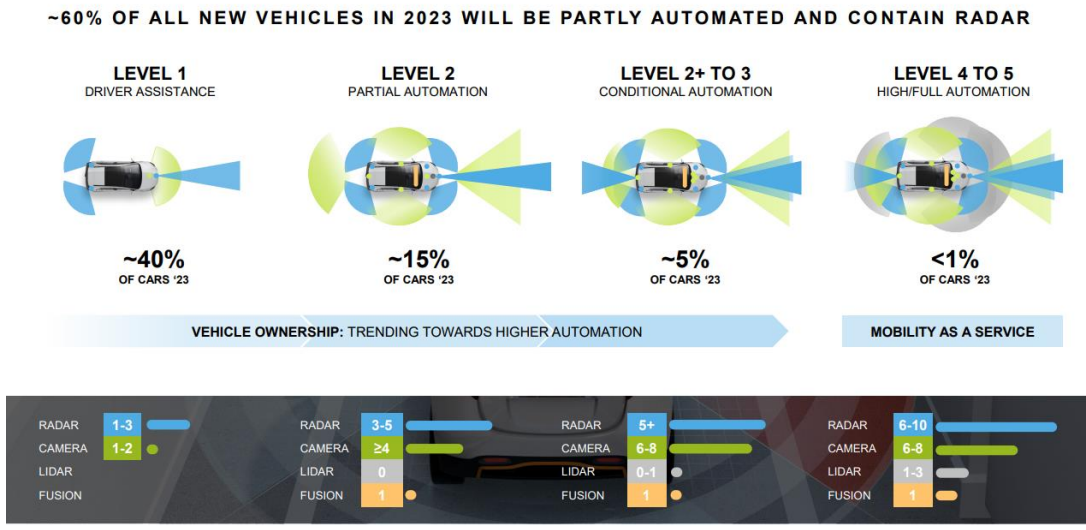
回归到自动驾驶系统的感知层，视觉感知扮演主要角色，其他多种传感器（毫米波雷达、超声波雷达、激光雷达等）为辅助角色。视觉感知的核心就是车载摄像头，包括内视摄像头、后视摄像头、前视摄像头、侧视摄像头、环视摄像头等，主要应用于 360 全景影像、前向后碰撞预警、车道偏移报警和行人检测等 ADAS 中。目前后视摄像头是主要应用领域，总体呈稳定增长趋势，2016 年全球销量为 5100 万台，2018 年为 6000 万台，2019 年达到 6500 万台，增长较为迅速。根据 Yole Development 的预计，到 2024 年平均每台汽车拥有 3 颗摄像头。

表 5：特斯拉 Autopilot 的感知硬件对比

特斯拉 ADAS 硬件型号	HW 1.0	HW 2.0	HW 2.5	HW 3
处理器	MobilEye Q3	Nvidia Drive PX 2	Nvidia Drive PX 2+	Tesla FSD
CIS 类型	黑白	RCCC 滤光片	RCCB 滤光片	
前视摄像头（数量-识别距离）	1 个	3 个：广角-60 米、中焦-150 米、长焦-350 米		
侧前摄像头	无	2 个-80 米		
侧后摄像头	无	2 个-100 米		
后置摄像头	1 个-倒车用	1 个-50 米		
超声波雷达	12 个-5 米	12 个-8 米		
毫米波雷达	1 个-160 米		1 个-170 米	

资料来源：汽车之家，信达证券研发中心

随着汽车智能化的发展，消费者对于行车安全的提高及自动驾驶技术的不断成熟，汽车摄像头应用领域从传统的倒车雷达影像、前置行车记录仪慢慢延伸到车道识别、行人识别、信号灯识别应用领域，汽车搭载的摄像头和传感器数量也在大幅增加。根据汽车电子大厂 NXP 的数据，L2+ 级别以上的自动驾驶至少需要 6 颗摄像头和 5 颗雷达，相较 L1 级别的 1-2 颗摄像头和 1-3 颗雷达，摄像头和雷达数量有翻倍的增长。具体到搭载 L2 级自动驾驶的车型来看，以奥迪 A8、特斯拉 Model 3 和凯迪拉克 CT6 为例，三款车型均使用了 5 颗及以上的摄像头，还有多颗超声波和毫米波雷达进行辅助。

图 54: 车载摄像头数量将随自动驾驶级别上升


资料来源: NXP, 信达证券研发中心

表 6: 三款自动驾驶车型搭载的感知系统对比

传感器/车型	奥迪 A8	特斯拉 MODEL 3 (3.0 版硬件)	凯迪拉克 CT6
前置摄像头	2 个	3 个	2 个
车侧摄像头	2 个	2 个	2 个
后置摄像头	1 个	4 个	1 个
超声波传感器	12 个	12 个	12 个
前置毫米波雷达	3 个	1 个	5 个
后置毫米波雷达	2 个	无	1 个
前置激光雷达	1 个	无	无
后置激光雷达	无	无	无

资料来源: 汽车之家, 信达证券研发中心

就自动驾驶的感知层而言, 车载摄像头的特点在于探测范围远, 且具备行人、标识的识别能力, 而且成本相对较低, 所以是必不可少的部分。从硬件参数的角度来看, 低级别的自动驾驶系统不追求高像素, 但对弱光、强光等各种光线环境下的成像能力有特殊要求, 所以一般使用像素较大且具备超高动态范围 (120dB+) 的 CIS。我们仍以特斯拉 Model 3 为例, 根据 systemplus 的拆解, 特斯拉采用的 8 颗摄像头, 其 CIS 来自安森美 2015 年推出的产品, 虽然像素仅为 120 万, 但单个像素尺寸达 3.75 μm 。同时随着自动驾驶级别的提升, 车载摄像头的像素数也有升级的趋势, 近期蔚来发布的 ET 7 所采用的 CIS 就达到了 8MP, 相较 1.2MP 摄像头, 感知范围扩大三倍。此外, CIS 的滤光片也不是常规的 RGGB 拜耳阵列, 而是使用了 RCCB 阵列, 以提高弱光下的性能表现 (RCCB 的 C 意为 Clear, 即所有颜色的光均可通过, 这种排列的优点在于透过光更多, 图像信噪比更高)。

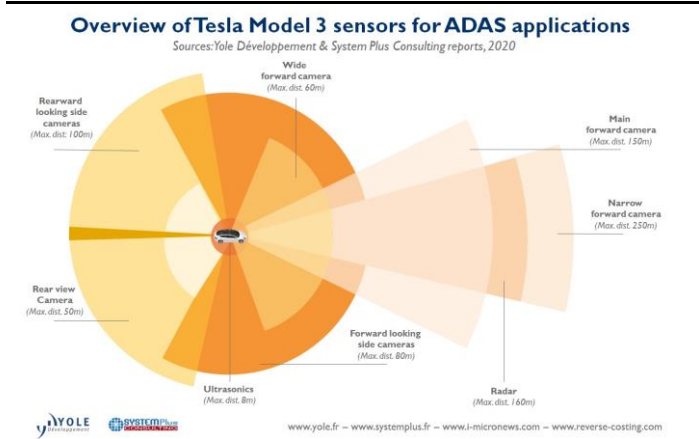
空间进行探测，为视觉系统提供更丰富的数据。此外，激光雷达是相对较新的传感器，其特点是可以实现三维的高精度测量，而且不受环境光的影响，整个市场正处于快速发展的状态，代表厂商有 Velodyne、Luminar、禾赛科技等公司。

图 59：各类车载传感器对比

传感器类型	测距	优点	缺点	天气影响	主要功能	成本
摄像头	理论上大于300m	利用机器视觉CV与AI, 2D-3D环境图	需要后端运算, 受天气影响较大	大	自动驾驶 ≥ L4	较低
24GHz毫米波雷达	≤ 70m	绕射能力强	尺寸大, 带宽低, 分辨率低	较小	盲点监测, 车道偏离预警, 车道保持, 自适应巡航, 自动紧急刹车	低
77GHz毫米波雷达	≤ 250m	精度高, 天线尺寸小, 带宽分辨率高	传输损耗大, 制作工艺高, 芯片价格贵	小	自适应巡航, 自动紧急刹车, 前向碰撞预警	较高
激光雷达	≤ 150m	高精度, 高分辨率, 能创建3D点云环境感知图	天气影响较大, 价格高	较大	自动驾驶 ≥ L4	高

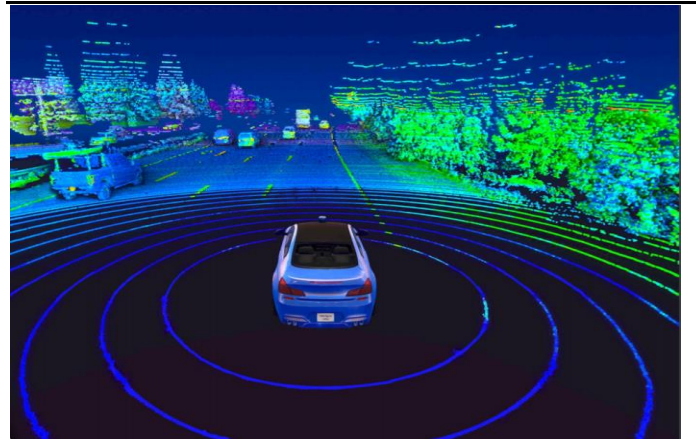
资料来源: eet-china, candence, 信达证券研发中心

图 60：Model 3 的传感器包括摄像头/超声波雷达/毫米波雷达



资料来源: systemplus, 信达证券研发中心

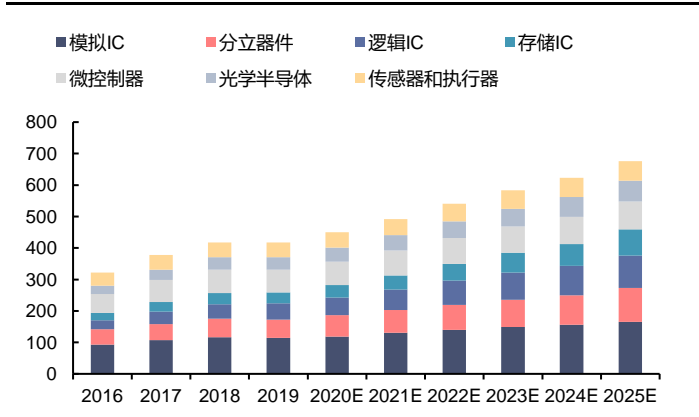
图 61：激光雷达成像示意图



资料来源: Velodyne, 信达证券研发中心

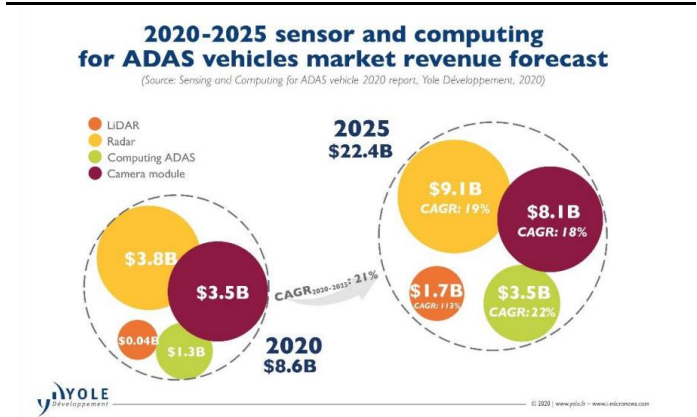
随着先进驾驶辅助系统的普及和自动驾驶技术的发展，汽车算力快速提升，ADAS 相关零组件市场规模也迎来迅速成长的机会。根据咨询机构 Yole 的预测，汽车 ADAS 市场规模到 2025 年将达 224 亿美元，其中汽车摄像头市场规模将达 81 亿美元，2020-2025 年复合增长率达 18% 左右。汽车摄像头将激发出光学产业链更多的活力。

图 62：汽车半导体市场规模



资料来源: IHS, 搜狐汽车研究室, 信达证券研发中心

图 63：汽车 ADAS 零组件市场规模预测



资料来源: Yole, 信达证券研发中心

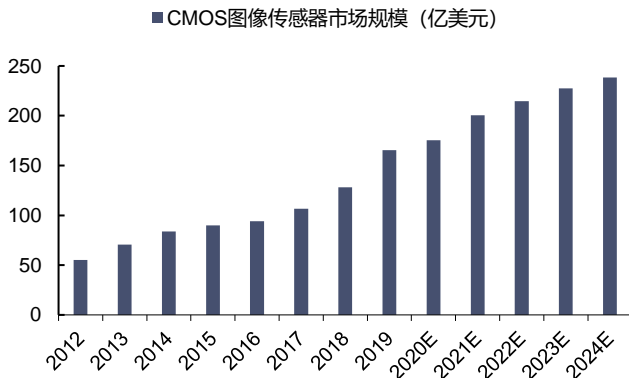
五、产业链各环节市场情况

摄像头主要由 CIS、镜头、红外滤光片、音圈马达等部件构成，就产业链环节而言，CIS、镜头以及模组的价值量占比相对较高，而且市场增速较快。我们就各个环节市场情况分析如下：

1、CIS 市场

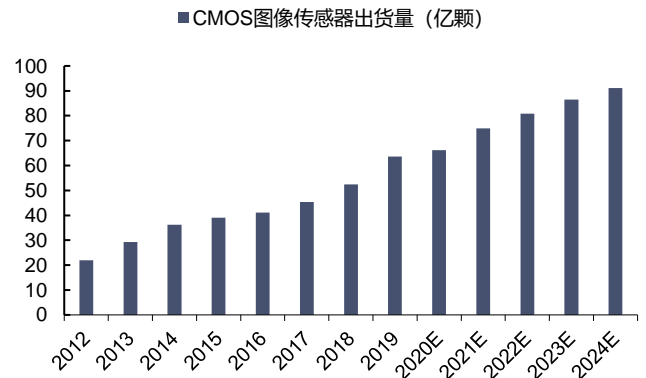
CMOS 图像传感器（CIS）是摄像头模组的核心部件，相较早期的 CCD 图像传感器，具备成本低、功耗小等诸多优点，随着设计水平及生产工艺的不断成熟，其性价比优势显现，成为了图像传感器的主流。根据咨询机构 Frost&Sullivan 的统计，2019 年 CIS 出货量为 63.6 亿颗，市场规模达 165.4 亿美元。

图 64：全球 CIS 市场规模（按销售额）



资料来源：Frost&Sullivan，格科微招股说明书，信达证券研发中心

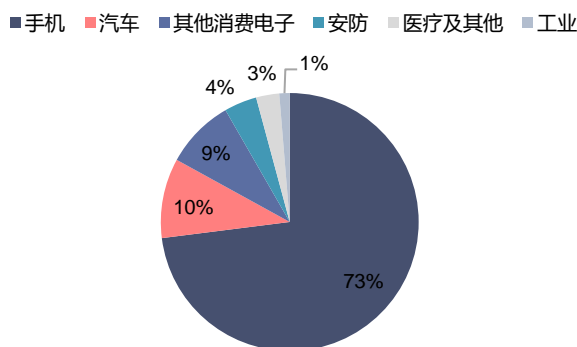
图 65：全球 CIS 出货量



资料来源：Frost&Sullivan，格科微招股说明书，信达证券研发中心

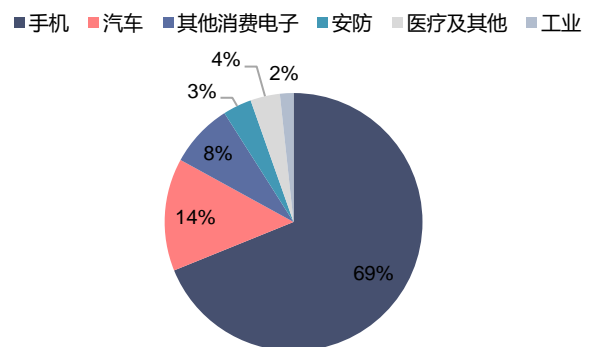
CIS 下游市场相对集中，智能手机是目前最主要的应用领域。根据咨询机构 Frost&Sullivan 的数据，2019 年智能手机占到全球 CIS 销售额 73% 的份额，汽车电子和平板/笔电则分别占 10.0%、8.7% 的份额。随着多摄的普及，智能手机将持续保持关键的市场地位，同时汽车电子等领域也在蓬勃发展，预计 2024 年智能手机、汽车电子及平板/笔电的 CIS 销售额占比将为 68.8%、14.1%、8.0%。

图 66：2019 年 CIS 市场下游应用格局（按销售额）



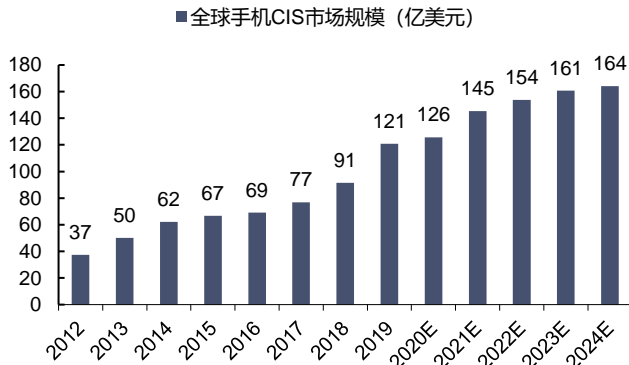
资料来源：Frost&Sullivan，格科微招股说明书，信达证券研发中心

图 67：2024 年 CIS 市场下游应用格局（按销售额）

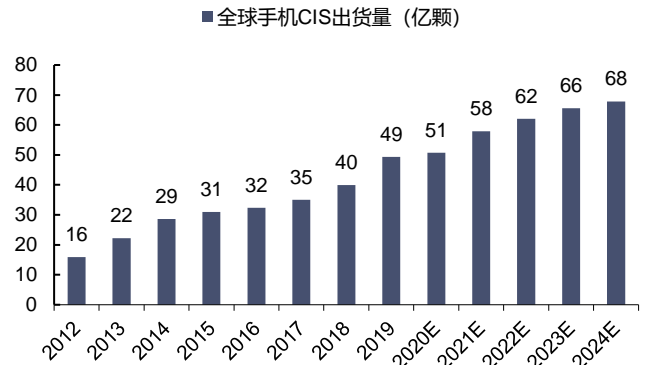


资料来源：Frost&Sullivan，格科微招股说明书，信达证券研发中心

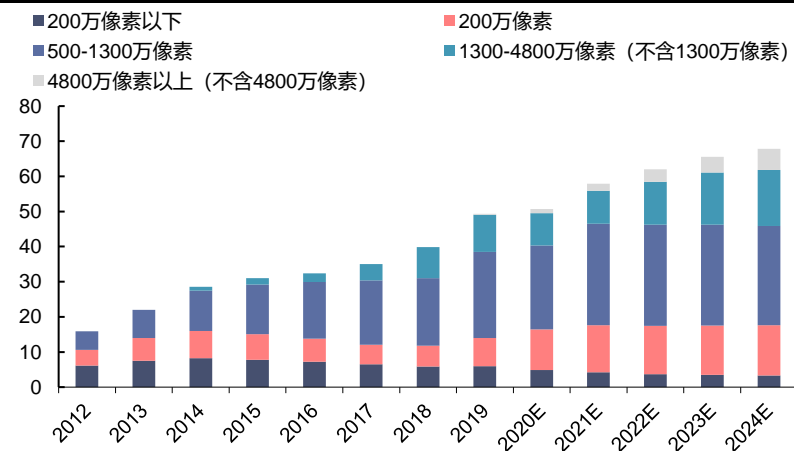
2016 年之后多摄渗透率迅速提升，智能手机 CIS 出货量和营收规模双升，2019 年手机 CIS 市场规模达 121 亿美元。2020 年虽有疫情影响，智能手机销量平淡，但 CIS 市场仍保持增长，预计营收规模达 126 亿美元，出货量为 51 亿颗。随着疫情影响消退，手机市场回归正轨，多摄、大底高像素以及潜望式、深度相机等创新应用普及，智能手机 CIS 增速回暖，据咨询机构 Frost&Sullivan 的预计，2024 年手机 CIS 市场规模将达 164 亿美元，出货量增长至 68 亿颗。

图 68: 全球手机 CIS 市场规模


资料来源: Frost&Sullivan, 格科微招股说明书, 信达证券研发中心

图 69: 全球手机 CIS 出货量


资料来源: Frost&Sullivan, 格科微招股说明书, 信达证券研发中心

图 70: 全球手机摄像头细分市场 (亿颗)


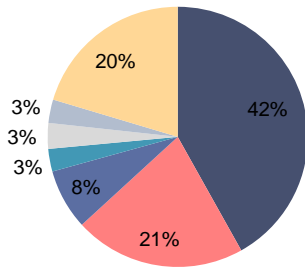
资料来源: Frost&Sullivan, 格科微招股说明书, 信达证券研发中心

从 CIS 的竞争格局来看, 目前主要由 Sony、三星以及豪威科技占据市场主导地位。具体而言, 索尼在高端 CIS 市场中保持领先; 三星凭借自有手机品牌占据不少市场份额; 豪威在韦尔收购整合后开始频频发力, 陆续推出了多款高阶产品, 且成功打入多款国内旗舰机型, 如 2020 年的小米 10 至尊版主摄就搭载了 OV48C。就经营数据而言, 据咨询机构 Frost&Sullivan, 2019 年三家公司的 CIS 营收分别为 73.8 亿美元、37.5 亿美元、13.2 亿美元, 占到 42%、21%、8% 的市场份额; 从出货量角度而言, 2019 年 Sony、三星及豪威分别出货 17.1 亿颗、12.0 亿颗、9.6 亿颗, 也均位居市场前列。

在车载 CIS 领域, 市场格局略有差异, 根据咨询机构 Yole 的统计, 安森美和豪威占据了较大的市场份额, 2018 年市占率分别为 36%、22%。其中, 豪威在高动态范围, 小像素领域独有优势, 不断推出业内领先的车载 CIS, 如 2020 年推出 3 微米大像素的 OX03C10, 其动态范围高达 140db, 还具备 LED 闪烁抑制功能。豪威科技作为全球车载 CIS 的双雄之一, 未来有望充分受益于自动驾驶趋势。

图 71: 2019 年 CIS 市场格局 (按销售额)

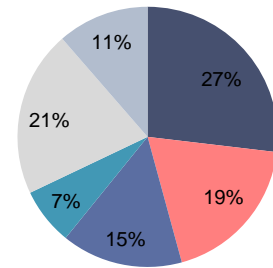
■ Sony ■ 三星 ■ 豪威科技 ■ SK Hynix ■ 安森美 ■ 意法半导体 ■ 其他



资料来源: Frost&Sullivan, 格科微招股说明书, 信达证券研发中心

图 72: 2019 年 CIS 市场格局 (按出货量)

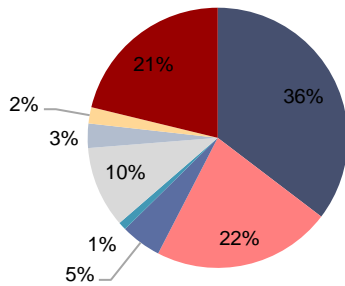
■ Sony ■ 三星 ■ 豪威科技 ■ SK Hynix ■ 格科微 ■ 其他



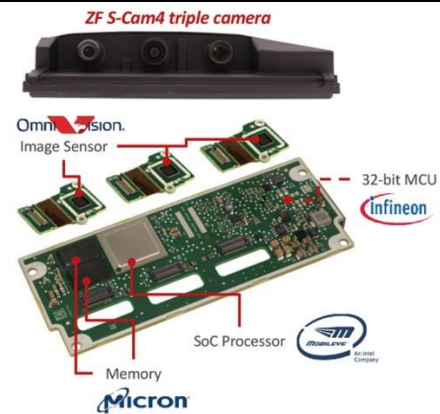
资料来源: Frost&Sullivan, 格科微招股说明书, 信达证券研发中心

图 73: 2018 年车载 CIS 市场格局

■ 安森美 ■ 豪威 ■ 松下 ■ 派视尔 ■ 索尼 ■ 三星 ■ 意法半导体 ■ 其他



资料来源: Yole, 信达证券研发中心

图 74: 采埃孚 S-Cam4 车载摄像头使用了豪威的 CIS


资料来源: systemplus, 信达证券研发中心

2、光学镜头

如前文中所述, 大光圈可以提升进光量, 增强夜拍和动态拍摄能力, 因此智能手机主摄也更多地选择大光圈镜头, 如 $f/1.8$ 、 $f/1.7$ 、 $f/1.6$ 等超大光圈应用越来越多。不过随着光圈的增大, 手机成像容易出现“像差”的问题。具体而言, 光线在透过镜片时, 因为波长(颜色)不同导致折射率不同, 使得聚光位置产生偏差, 实际成像与理想有所差异, 这种差异被称为“像差”, 像差会使图像产生色晕、拖影并降低解像力和对比度。多数像差都能通过屏蔽镜头边缘光线, 即缩小光圈来改善。但在智能手机中, 因为设计原因, 光圈大小是固定的, 不能随意的调节, 所以只能选择其他办法。目前, 主要通过采用多个镜片, 形成镜头组的方式, 增强光学汇聚能力和解析力, 减少光学色像差问题。

图 75: 产生像差的图像


资料来源: canon, 信达证券研发中心

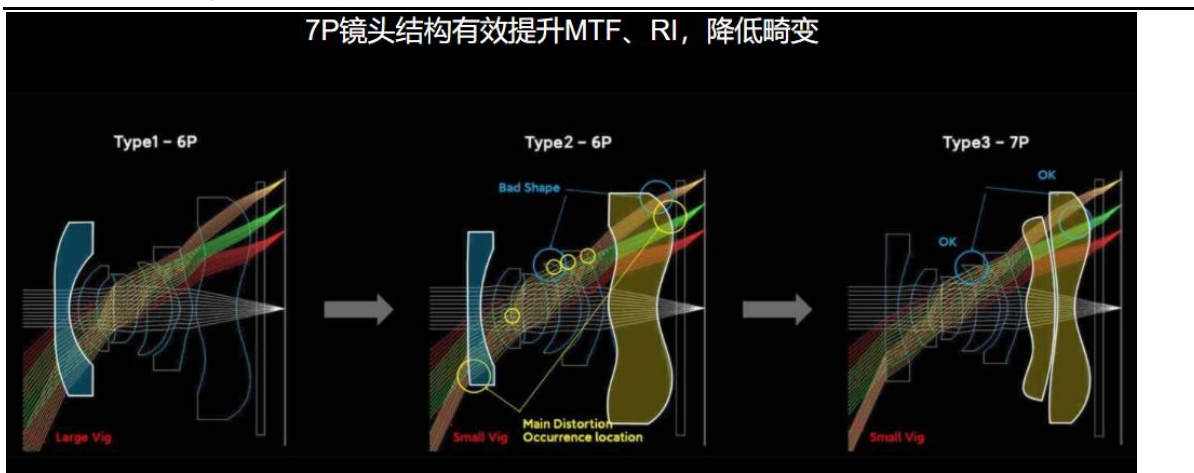
一般而言，光圈越大，所需要的镜片片数越多，进而使光线过滤、色彩还原以及成像的效果就越好，相应的设计、制造难度也就更高。以 iPhone 的主摄为例，当光圈达到 $f/1.8$ 以上时，开始使用 6P（6 片塑料镜片）及以上的镜头；而光圈小于 $f/2.0$ 的镜头，多数使用 5P 镜头。也有部分厂商在超广角上使用 7P 方案，如小米 10 至尊版的超广角镜头，光圈大小为 $f/2.2$ ，但使用了 7P 镜头来改善边缘暗角问题。

表 7: iPhone 系列手机主摄的光圈大小和镜片数

	iPhone 5s	iPhone 6	iPhone 6s	iPhone 7	iPhone 8	iPhone X	iPhone XR	iPhone 11	iPhone 12
光圈		$f/2.2$				$f/1.8$			$f/1.6$
镜片数		5P				6P			7P

资料来源: Apple, 信达证券研发中心

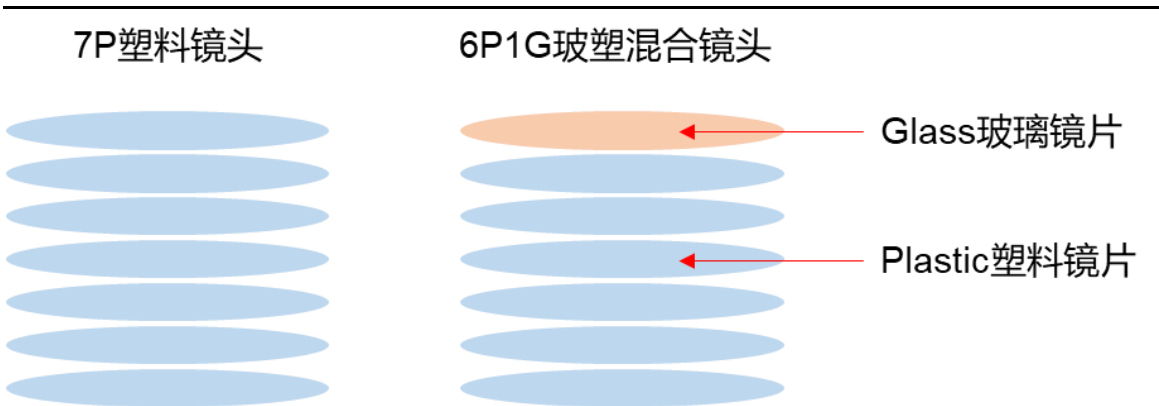
图 76: 小米 10 至尊版超广角所使用的 7P 镜头



资料来源: 小米, 信达证券研发中心

根据材质的不同，光学镜片主要分为玻璃、塑料两种。玻璃镜片性能参数较好，透光度、精准度和稳定性均有优势，但成本相对较高，多应用于单反相机等产品；塑料镜片具备质量轻、抗冲击等优点，同时适用于大规模生产，成本相对较低。目前，智能手机镜头多采用塑料镜片，6P（6 片塑料镜头）以上镜头逐渐成为主摄标配，部分旗舰机型已经搭载 8P 镜头，如小米 10 至尊版和小米 CC9 Pro 的主摄。并且大立光近期在业绩说明会上表示，9P 镜头已经开始 design in。为了降低镜头组的厚度，有一些手机厂商选择使用玻塑混合镜头，即使用 1 片折射率更高的玻璃镜头替代塑料镜头，如 2019 年荣耀发布的 20Pro，其主摄就使用了 6P1G（6 片塑料镜头+1 片玻璃镜头）的方案。

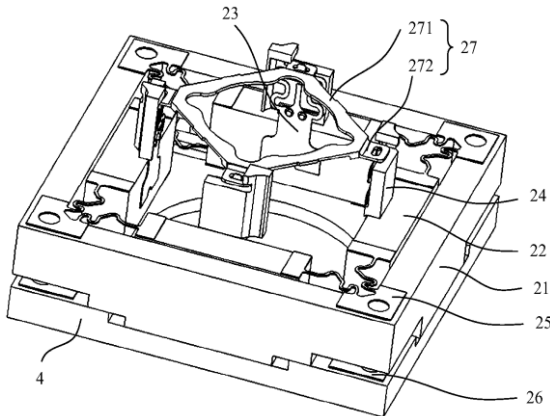
图 77: 7P 塑料镜头和 6P1G 玻塑混合镜头示意图



资料来源: 信达证券研发中心整理

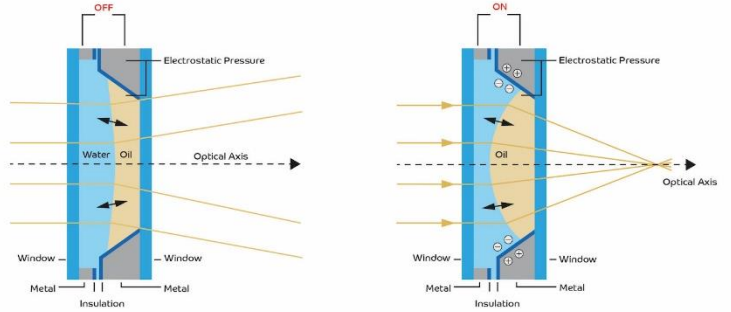
此外还有新型的液态镜头，该镜头使用光学液体材料充当镜片，模拟人眼的晶状体，通过电压变化改变“镜片”的形状，从而改变曲率半径，实现焦距的变化。目前，液态镜头已有应用，主要在机器视觉/工业领域，消费级的产品尚未有实机搭载，不过华为在 2019 年 12 月曾申请液态镜头的专利，未有或将有望应用于智能手机。

图 78：华为申请的液态镜头专利



资料来源：国家知识产权局，信达证券研发中心

图 79：液态镜头原理



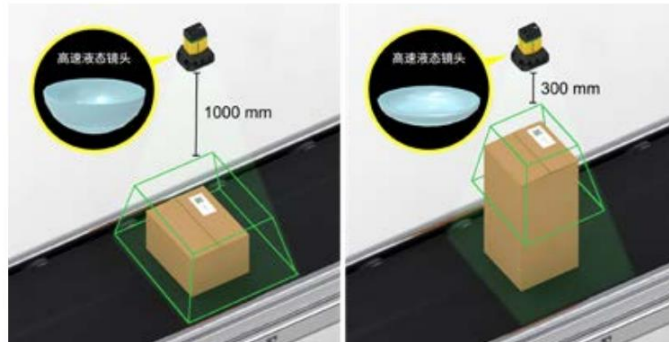
资料来源：雷科技，信达证券研发中心

图 80：液态镜头技术在扫码器上的应用



液态镜头技术

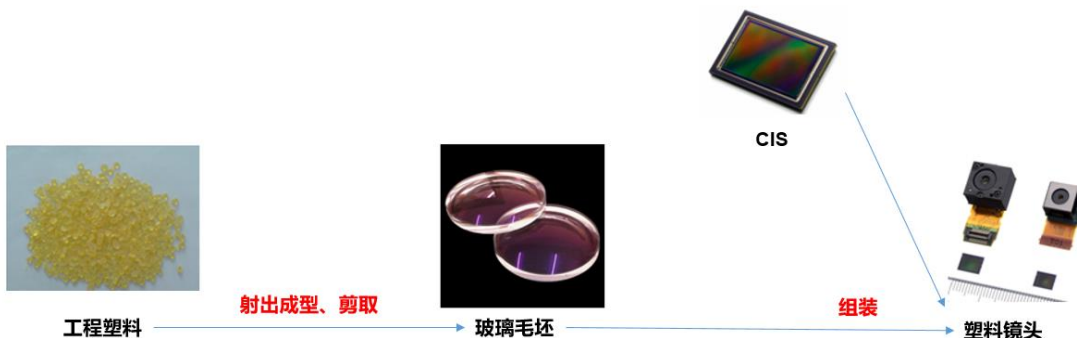
在演示扫描和高速高可变性的应用中，这种动态自动对焦技术能够自动适应工作距离的变化。提供 8、10、16、24 和 35mm 镜头。



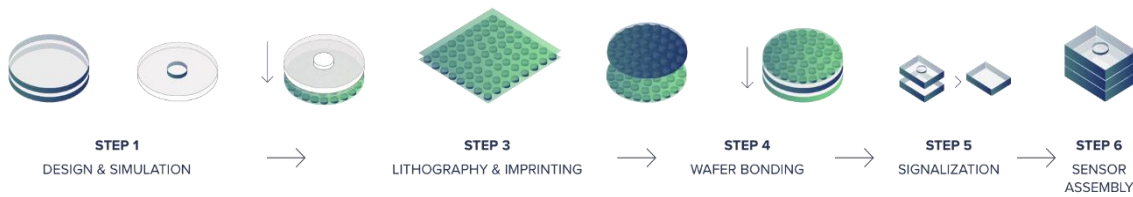
资料来源：cognex，信达证券研发中心

就制造工艺而言，塑料镜头的生产过程较为成熟，使用工程塑料射出成型方式制造，然后进行后段加工组装，难点在于结构设计和模具能力。而玻璃镜头的制造方法有模造成型、WLO、WLG 三种方式，模造成型是利用玻璃受热可变形的特点进行热加工；WLO（Wafer Level Optics）晶元级镜头制造技术是指在整片玻璃晶元上，用半导体工艺批量复制加工镜头，多个镜头晶元压合在一起，然后切割成单颗镜头，具有尺寸小、高度低、一致性好等特点；WLG 技术使用模具在晶圆级玻璃上进行压制，得到理想的玻璃镜头，其耐热性、一致性较好，但工艺难度相对较大。目前，智能手机中塑料镜头依旧是主流方案，玻璃镜头还处于渗透阶段。

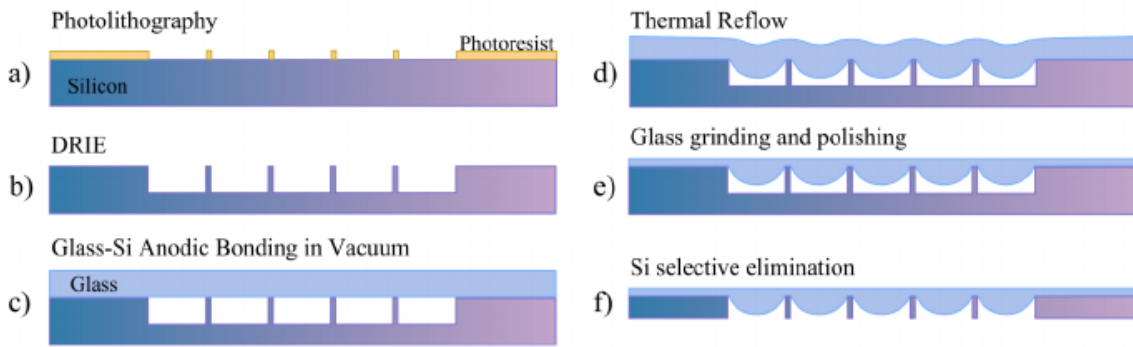
图 81：塑料镜头的制作流程



资料来源：中国台湾电子产业研究所，信达证券研发中心

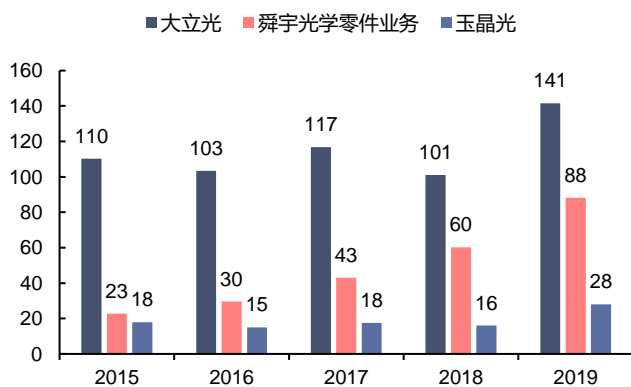
图 82: 晶圆级光学技术 WLO


资料来源: himax, 信达证券研发中心

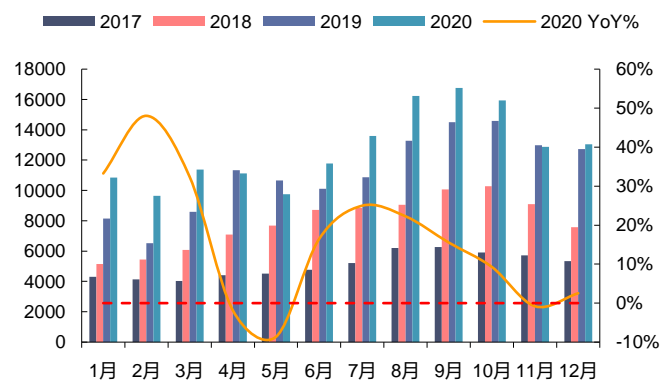
图 83: WLG 工艺流程图


资料来源: researchgate, 信达证券研发中心

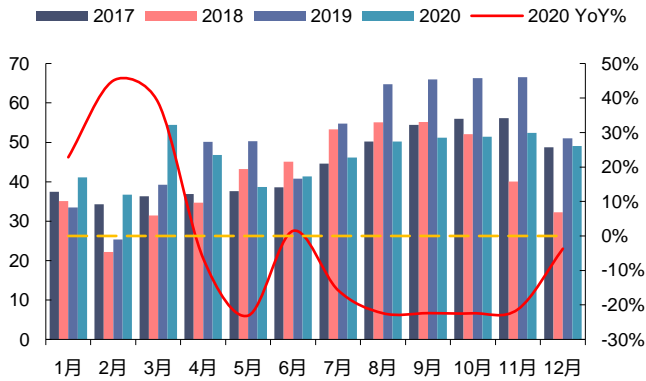
手机光学镜头市场集中度较高, 大立光、舜宇、玉晶光三家占据优势地位, 其中大立光技术实力领先, 主打塑料高阶镜头, 产品主要应用于苹果和安卓高端机型; 舜宇光学紧随其后, 在安卓系龙头厂商中有不俗份额, 而且在车载镜头领域处于行业领先地位; 玉晶光则主要供应苹果。就三家厂商的营收情况而言, 2020 年大立光受华为事件影响, 营收下降 8.0% 至 131.4 亿人民币; 舜宇手机镜头出货约 15.3 亿件, 同比增长 13.9%, 预计市占率将会有所提升; 玉晶光营收 37.3 亿人民币, 同比增长 32%。

图 84: 三家光学镜头厂商营收对比 (单位: 亿元人民币)


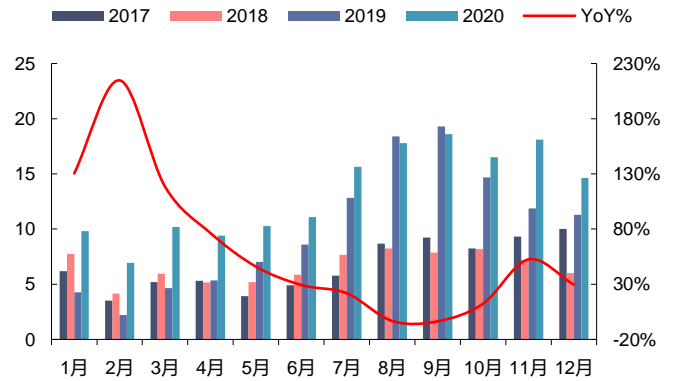
资料来源: Wind, 信达证券研发中心

图 85: 舜宇手机镜头出货量 (单位: 万件)


资料来源: 舜宇光学, 信达证券研发中心

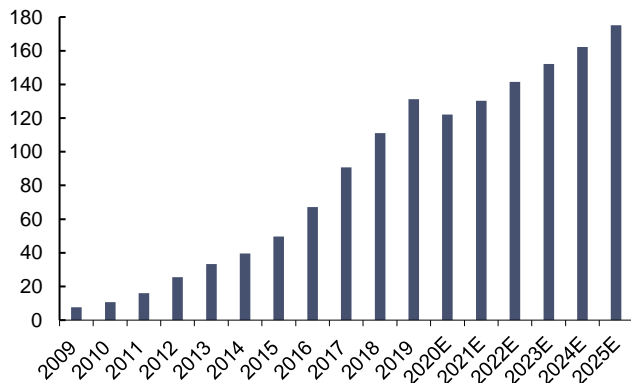
图 86: 大立光近年月度营收情况 (单位: 亿元新台币)


资料来源: 大立光, 信达证券研发中心

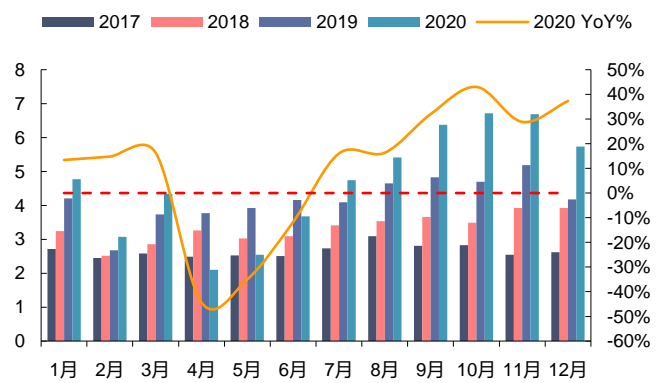
图 87: 玉晶光近年月度营收情况 (单位: 亿元新台币)


资料来源: 玉晶光, 信达证券研发中心

此外, 就车载镜头市场而言, 随着汽车电动化、智能化的发展趋势, 单车搭载的摄像头数量逐渐提升。传统汽车一般搭载一颗倒车影像摄像头, 而新能源汽车大多追求高阶自动驾驶, 摄像头数量多倍于传统车, 如特斯拉 Model 3 搭载 8 颗摄像头, 蔚来近期发布的 ET 7 更是搭载 11 颗摄像头。2020 年疫情影响下, 汽车销量遭遇短期阻力, 车载摄像头整体出货量略微下降, 但国内厂商恢复更快, 比如舜宇车载镜头逆势上升, 全年出货超过 5600 万件, 同比增长 12%, 预计市占率有进一步提升, 龙头地位更加稳固。

图 88: 车载镜头出货量趋势 (单位: 百万件)


资料来源: TSR, 信达证券研发中心

图 89: 舜宇车载镜头出货量 (单位: 百万件)


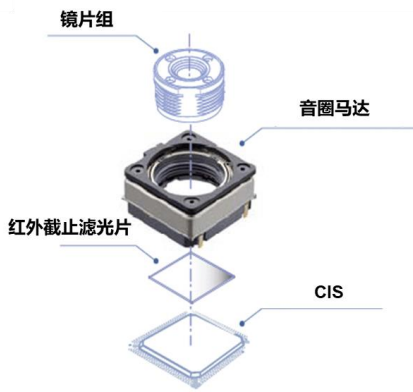
资料来源: 舜宇光学, 信达证券研发中心

3、音圈马达及红外截止滤光片

除 CIS 和镜头外, 音圈马达 (VCM) 和红外截止滤光片 (IRCF) 也是摄像头模组的重要零组件。

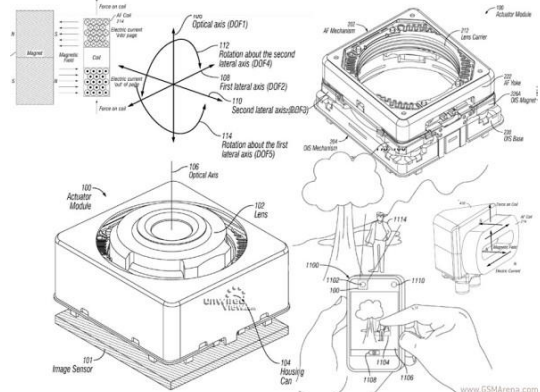
音圈马达 (VCM) 的主要作用是通过调节手机镜头位置, 实现模组的自动对焦和光学防抖。其中自动对焦是利用像距、物距和焦距的关系, 用马达移动镜头组实现对焦; 而光学防抖是指在拍摄过程中, 镜头内的陀螺仪检测到微小的移动后将信号传给手机微处理器, 计算出补偿位移量后, 通过马达进行相应补偿, 从而减小成像偏移。

图 90: VCM 示意图



资料来源: relayspec, 信达证券研发中心

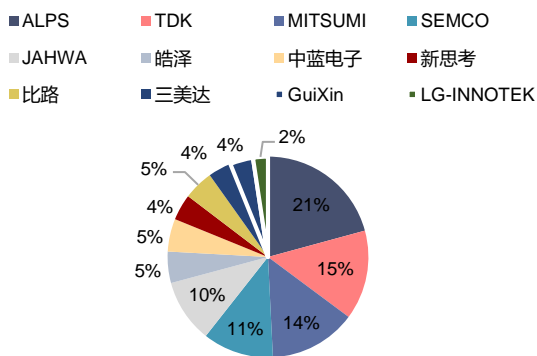
图 91: VCM 内部结构示意图



资料来源: gsmarena, 信达证券研发中心

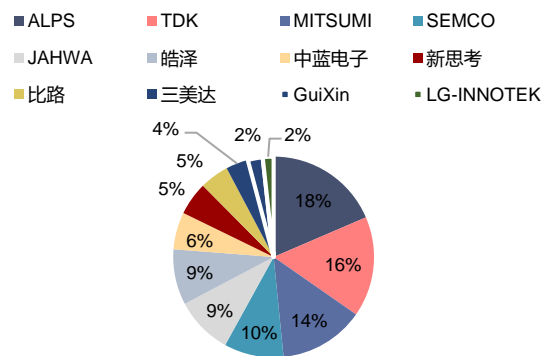
受益于智能手机多摄的普及, VCM 市场规模保持快速增长, 据咨询机构 Yole 的预测, 2025 年 VCM 市场规模将达 67 亿美元。目前, VCM 市场主要由日韩厂商主导, Alps、Mitsumi、TDK、Semco 占据了 5 成以上市场份额。随着以 HMOV 为代表的大陆手机厂商崛起, 国内 VCM 厂商技术实力不断增强, 国产 VCM 正迎头赶上, 市场份额差距在不断缩小。根据咨询机构的统计, 全球 VCM 前十大厂商中, 中国厂商 2017 年市场份额约为 19.2%, 2018 年就成长至 26.2%, 由此可见一斑。

图 92: 2017 年手机 VCM 市场份额



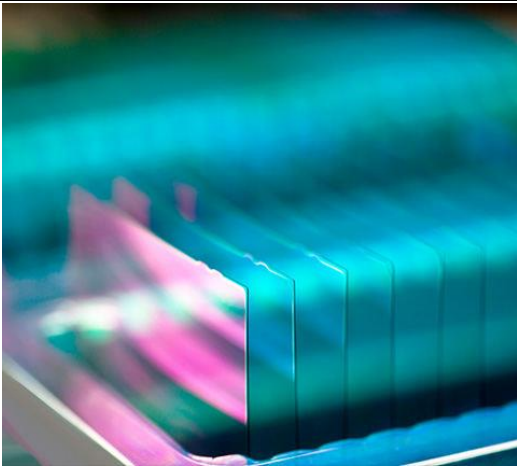
资料来源: 第一手机界, 信达证券研发中心

图 93: 2018 年手机 VCM 市场份额

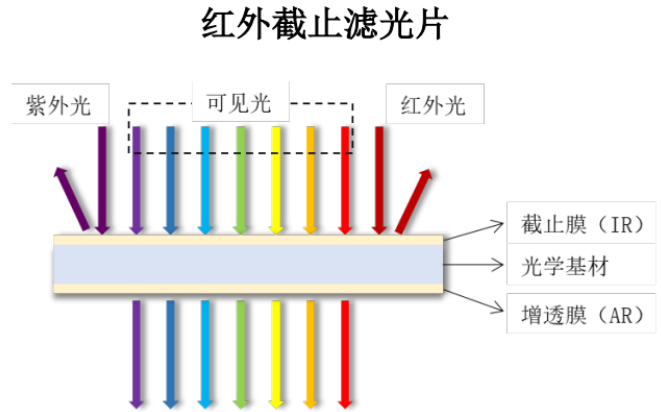


资料来源: 第一手机界, 信达证券研发中心

红外截止滤光片 (IRCF) 一般在镜头和 CIS 之间, 通过滤除红外光, 保证到达 CIS 的光线为可见光, 进而减少色偏, 使成像更符合人眼视觉体验。红外滤光片的基板材质可分为白玻璃、蓝玻璃以及树脂三类, 其中白玻璃滤光片用于中低像素摄像头, 而蓝玻璃可以额外吸收红外线, 能更有效地消除色偏, 主要用于中高像素的摄像头。就市场竞争格局而言, 国内的水晶光电、五方光电处于领先位置。

图 94: 红外截止滤光片示意图


资料来源: 水晶光电, 信达证券研发中心

图 95: 红外截止滤光片原理


资料来源: 五方光电招股说明书, 信达证券研发中心

表 8: 不同基材的 IRCF 的功能用途

基材类别	功能用途
白玻璃 IRCF	以普通光学玻璃为基材的 IRCF, 通过交替镀上高低折射率的光学膜, 实现可见光区 (400-630nm) 高透, 近红外光的 (700-1100nm) 截止
蓝玻璃 IRCF	蓝玻璃的材质主要是磷酸盐, 蓝玻璃中的铜离子具备吸收红外线等看不见光的功能。与白玻璃 IRCF 比较, 蓝玻璃 IRCF 可大幅减少摄影成像中的色偏、眩光、鬼影的问题, 提高成像质量, 让拍摄的照片更加清晰、柔和、自然, 但同时蓝玻璃的成本高于白玻璃
树脂 IRCF	以树脂片为基材的 IRCF, 与玻璃基材的 IRCF 相比, 树脂 IRCF 具有更薄、韧性更强的优点, 且能够较好地解决低角度光偏移问题, 光谱精度更高

资料来源: 五方光电招股说明书, 信达证券研发中心

4、摄像头模组

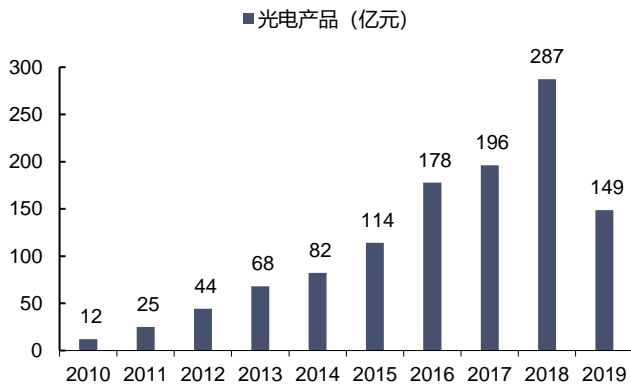
智能手机多摄日益普及, 潜望式、ToF、屏下摄像头等创新不断涌现, 随着疫情等压制因素逐渐消散, 智能手机仍将是摄像头模组行业的主要增长动力。此外, 在自动驾驶的趋势下, 汽车搭载的摄像头数量和规格也在逐步升级, 也将对模组市场有较大推动。据咨询机构 Yole 预计, 2019 年摄像头模组行业规模约为 313 亿美元, 到 2025 年有望达 570 亿美元, 六年复合增长率约为 10.5%。

图 96: 摄像头模组市场规模预测 (单位: 亿美元)


资料来源: Yole, 信达证券研发中心

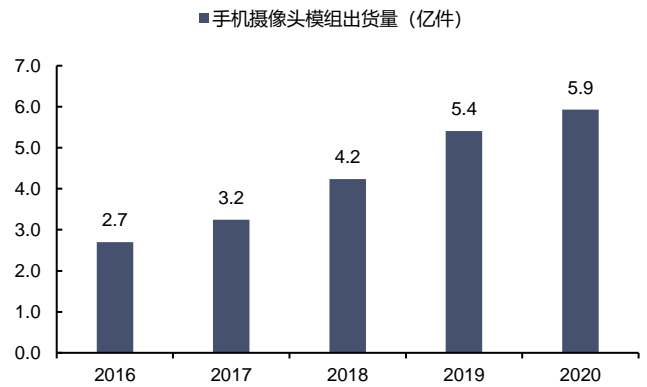
行业规模扩张的过程中，国内厂商畅享增长红利，收入显著增长，而且产品结构亦有升级。以舜宇光学为例，公司 2019 年摄像头模组出货量同比增长 27.7%，而相应的光电产品营收同比增幅达 46.6%，明显反映出产品单价提升。就行业格局而言，据 Yole 统计，2019 年 LGI、欧菲光、舜宇光学和鸿海（夏普）四家厂商营收规模位居前列，合计占据了近半的市场份额；从出货量来看，据群智咨询的统计，2019 年欧菲光、舜宇光学、丘钛科技、SEMCO 和信利五家厂商约占 46% 的市场份额。

图 97：舜宇光电产品历年营收情况



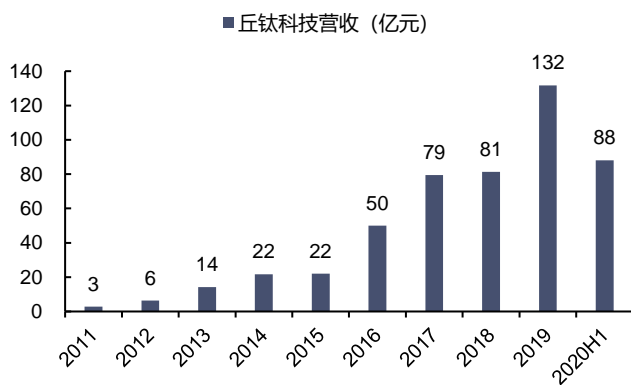
资料来源：Wind，信达证券研发中心

图 98：舜宇手机摄像头模组出货情况



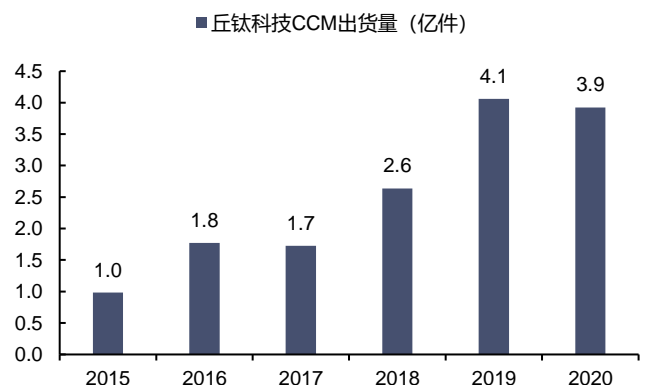
资料来源：舜宇光学，信达证券研发中心

图 99：丘钛科技历年营收情况



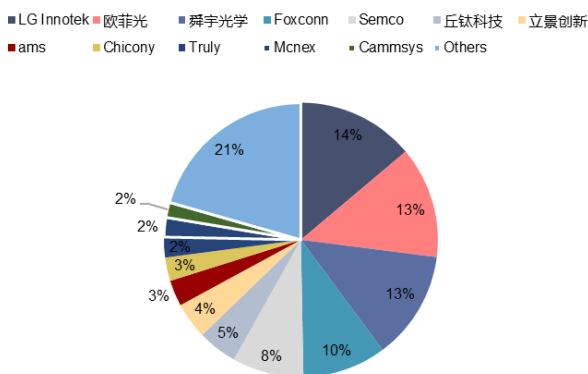
资料来源：Wind，信达证券研发中心

图 100：丘钛摄像头模组出货情况



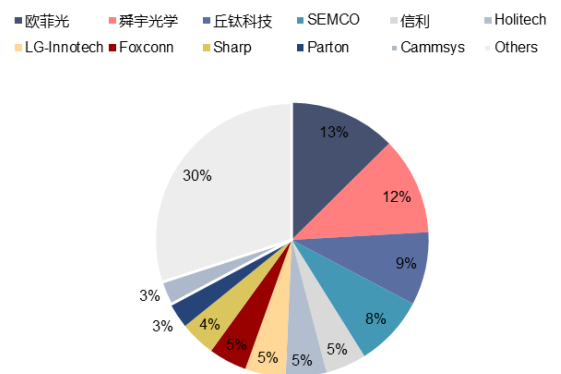
资料来源：丘钛科技，信达证券研发中心

图 101：2019 年模组厂商市场份额（按营收）



资料来源：Yole，信达证券研发中心

图 102：2019 年模组厂商市场份额（按出货量）



资料来源：群智咨询，信达证券研发中心

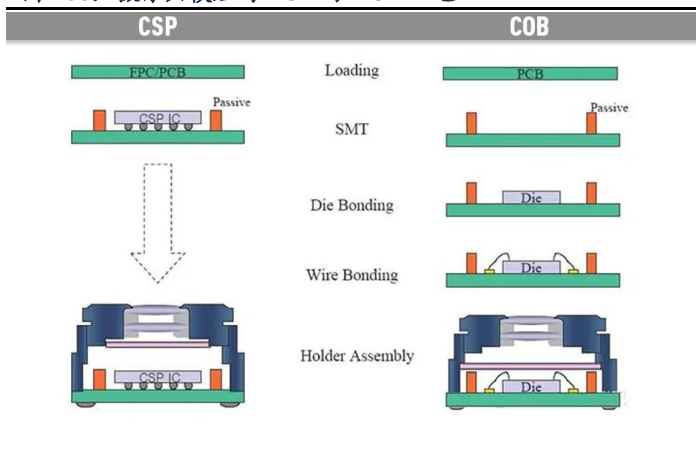
手机摄像头模组的工艺可以分为 CSP（芯片级封装）、COB（板上封装）以及 FC（倒装）三大类。其中，CSP 成本低，但模组厚度较高，镜头透光率偏低，一般用于 2MP 及以下的低端模组；基于 COB 工艺的模组体积处于 CSP 和 FC 两种工艺之间，是目前主流的工艺；FC 封装密度最高，基于该工艺的摄像头模组厚度最薄，但成本相对较高，目前仅苹果使用，因此只有其供应商具备 FC 的批量产能。

表 9: 摄像头模组工艺对比

封装工艺	优势	劣势
CSP	制造设备成本低、洁净度要求低、良率较高	镜头透光率低，模组厚度较高，增加了玻璃盖板的成本
COB	设备成本较高但封装成本低，制成模组体积小、高度低	洁净度要求高，制程时间相对较长
FC	封装密度很高、封装所得摄像头模组厚度最薄	成本较高

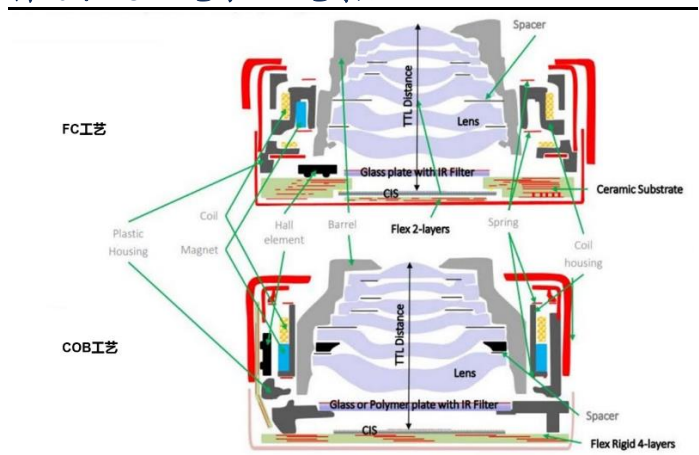
资料来源：摄像头观察，信达证券研发中心

图 103: 摄像头模组的 CSP 与 COB 工艺



资料来源：wannatek，信达证券研发中心

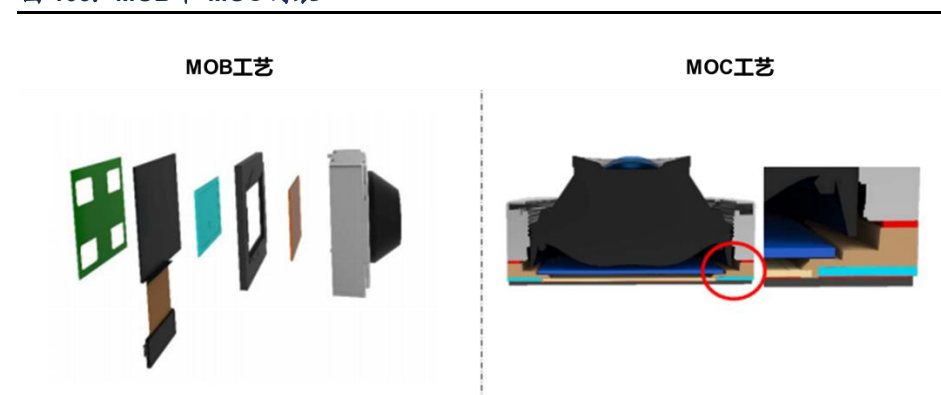
图 104: COB 工艺与 FC 工艺对比



资料来源：Yole，信达证券研发中心

此外，MOB（Molding On Board）和 MOC（Molding On Chip）两种工艺在 COB 封装的基础上延伸而来，通过注塑的方式将电阻电容等部件封装起来，可以更好地保护金线，增强模组的强度和稳定性。而且 MOB、MOC 的封装密度更高，模组体积向 FC 工艺趋近，不过成本会更高一些。

图 105: MOB 和 MOC 封装



资料来源：舜宇光学，信达证券研发中心

5、算法

智能手机硬件不断迭代升级，各厂商的同价位机型配置趋同，系统、软件、算法逐渐成为差异化的来源。对光学领域而言，普通用户对高级拍照参数调校不甚了解，难以判断在当前拍摄场景下选择哪种拍照模式更加合适，这让手机自主识别场景与拍摄对象，自行调整参数变得尤为重要。以夜景拍摄为例，夜晚的光线环境较为复杂，通常会出现过亮/过暗区域，如果不经过处理，拍摄的图像给人的观感不佳，而通过算法可以夜晚场景，实现实时区域亮度动态检测，智能调整提升图像暗部区域的亮度，还原图像亮部区域的细节，保证夜景拍摄质量。

图 106: 普通夜景拍摄



资料来源：虹软，信达证券研发中心

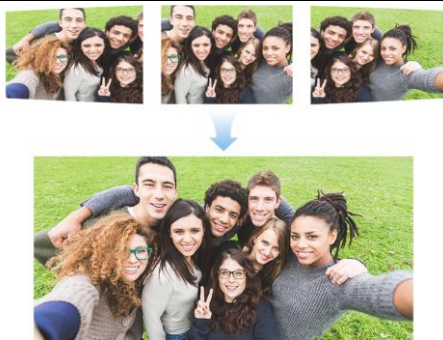
图 107: 智 HDR 夜景拍摄



资料来源：虹软，信达证券研发中心

拍摄算法还可针对人脸特征，捕捉面部肌肉运动节点，精准标注人脸轮廓、五官位置，进而实现如 Avatar、2D/3D 贴纸等虚拟特效，此外还有全景、防抖、手势识别等诸多应用。而且算法还能增强背景虚化效果，以往人像模式的照片，需要通过双摄的视角差计算景深（类似于人的双眼），以便实现背景虚化效果。而现在单摄也可以通过算法实现同样效果，以 iPhone SE 拍摄平面照片为例，该手机通过处理器+算法的结合，可以识别出平面照片里的小狗耳朵和轮廓，还能对背景的远近进行分层。而且由于前置相机往往是单摄，因此更加需要算法帮助实现虚化效果。

图 108: 自拍全景照片



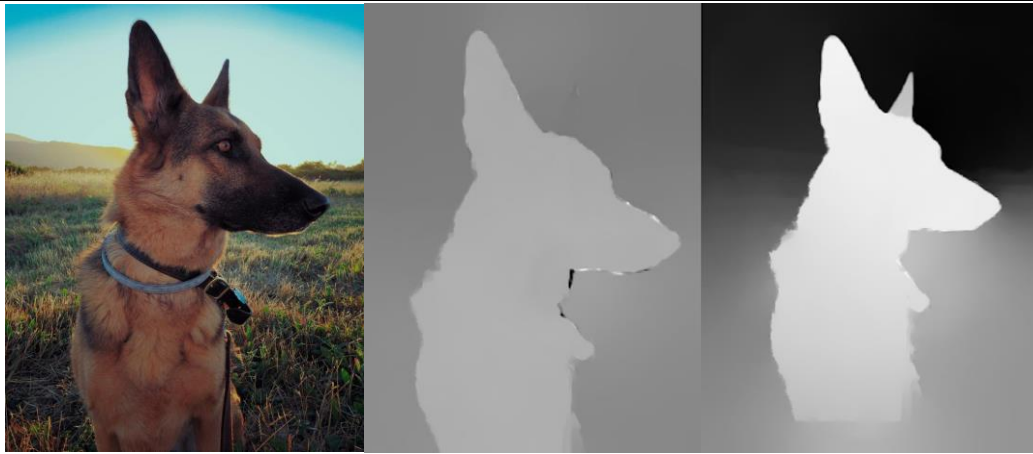
资料来源：虹软，信达证券研发中心

图 109: 2D/3D AR 贴纸



资料来源：虹软，信达证券研发中心

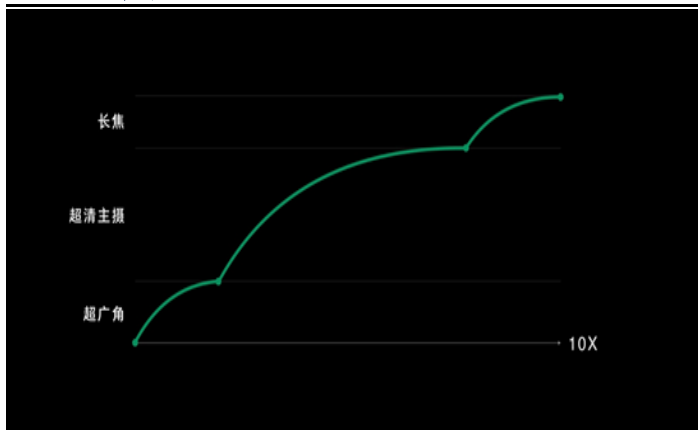
图 110: 拍摄小狗的平面照片 (左), iPhone XR (中) 和 SE (右) 得到的深度数据图



资料来源: ifanr, 信达证券研发中心

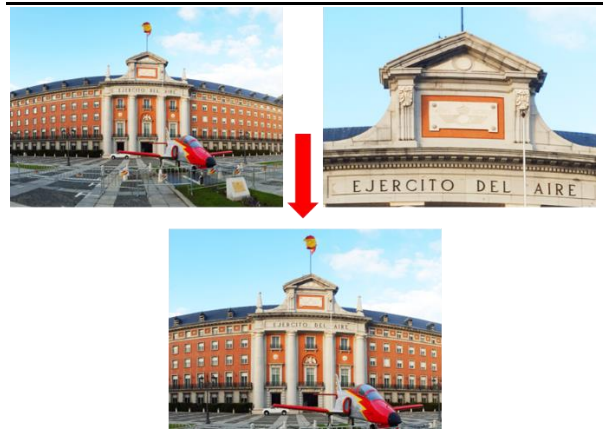
而且随着多摄的普及,“主摄+广角+长焦”的组合逐渐被更多手机厂商采纳,算法对拍摄体验的提升有至关重要的作用。在变焦的过程中,一方面要保证摄像头之间的平滑过渡切换,避免“跳跃”,另一方面要将两镜头同步捕捉的广角和长焦图像融合为用户需求变焦倍数的高质量图像,拍照时通过镜头的切换,同时结合视频和图像融合算法,平滑变焦得以在手机上实现。

图 111: 平滑变焦的过程



资料来源: oppo, 信达证券研发中心

图 112: 广角和长焦图像融合



资料来源: 虹软, 信达证券研发中心

六、投资建议

智能手机进入存量时代，厂商之间的竞争日益激烈。为了吸引终端消费者，势必在硬件上有更多创新。近年来柔性 OLED、3D Sensing、屏下指纹、快充、无线充电等新功能层出不穷。相较其他创新而言，光学创新更为多彩，持续推陈出新。无论是摄像头数目从单摄向多摄的一路迈进；还是 CIS 芯片的技术革新（面积持续增大、四像素成像、快速对焦等）；亦或是潜望式镜头、ToF 等创新功能，都大幅提升了消费者的用户体验。我们认为，对于手机品牌的落地宣传而言，除 5G 驱动外，最显性、最能带动机型整体热度的赛道就是光学。光学是过去数年间手机价值增量最大的组件，亦将是贯穿未来 3-5 年的创新主线，值得重点关注。

此外，随着汽车电动化、智能化、网联化的发展趋势，单车搭载的摄像头数量逐渐提升。具体而言，传统汽车一般搭载 1 颗倒车影像摄像头，而新能源汽车搭载的算力不断增强，更加追求高阶自动驾驶，因此摄像头数量多倍于传统车，如特斯拉 Model 3 搭载 8 颗摄像头，蔚来近期发布的 ET 7 更是搭载 11 颗摄像头。除了数量增加以外，车载摄像头的像素数也有提高的趋势，根据蔚来公布的数据，相比 1.2MP 摄像头，8MP 的摄像头的感知距离可以扩大 3 倍。2020 年疫情影响下，汽车销量遭遇短期阻力，但国内厂商更快地恢复供应体系，预计市占率有进一步提升，比如舜宇车载镜头逆势上升，全年出货超过 5600 万件，同比增长 12%，龙头地位更加稳固。未来随着疫情因素去化，国内光学龙头有望在车载领域大放异彩，实现更快增长。

综上，我们认为光学创新将是贯穿智能手机和汽车电子的投资主线，值得重点关注，给予“看好”评级。建议关注 CIS 芯片：韦尔股份、格科微、思特威（未上市）；CIS 封测：华天科技、晶方科技；镜头及模组产业链：舜宇光学科技、丘钛科技、立景创新（未上市）、欧菲光、联创电子、水晶光电等；算法领域的虹软科技等。

风险因素

市场竞争加剧；疫情持续，影响需求；潜望式以及 ToF 镜头发展不及预期；车载镜头渗透不及预期。

研究团队简介

方竞，西安电子科技大学本硕连读，近5年半导体行业从业经验，有德州仪器等外企工作经历，熟悉半导体及消费电子产业链。同时还是国内知名半导体创业孵化平台IC咖啡的发起人，曾协助多家半导体公司早期融资。2017年在太平洋证券，2018年在招商证券，2020年加入信达证券，任电子行业首席分析师。所在团队曾获19年新财富电子行业第3名；18/19年《水晶球》电子行业第2/3名；18/19年《金牛奖》电子行业第3/2名。

李少青，武汉大学硕士，2018年加入西南证券，2020年加入信达证券，覆盖半导体产业链。

刘志来，上海社会科学院金融硕士，2020年加入信达证券，覆盖消费电子产业链。

童秋涛，复旦大学资产评估硕士，2020年加入信达证券，从事电子行业研究。

机构销售联系人

区域	姓名	手机	邮箱
销售总监	韩秋月	13911026534	hanqiuyue@cindasc.com
华北	卞双	13520816991	bianshuang@cindasc.com
华北	刘晨旭	13816799047	liuchenxu@cindasc.com
华北	顾时佳	18618460223	gushijia@cindasc.com
华北	魏冲	18340820155	weichong@cindasc.com
华北	阙嘉程	18506960410	quejiacheng@cindasc.com
华北	祁丽媛	13051504933	qiliyuan@cindasc.com
华东总监	王莉本	18121125183	wangliben@cindasc.com
华东	孙斯雅	18516562656	sunsiya@cindasc.com
华东	吴国	15800476582	wuguo@cindasc.com
华东	张琼玉	13023188237	zhangqiongyu@cindasc.com
华东	国鹏程	15618358383	guopengcheng@cindasc.com
华东	李若琳	13122616887	liruolin@cindasc.com
华南总监	王留阳	13530830620	wangliuyang@cindasc.com
华南	陈晨	15986679987	chenchen3@cindasc.com
华南	王雨霏	17727821880	wangyufei@cindasc.com
华南	江开雯	18927445300	jiangkaiwen@cindasc.com
华南	闫娜	13229465369	yanna@cindasc.com
华南	焦扬	13032111629	jiaoyang@cindasc.com

分析师声明

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

免责声明

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

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

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

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

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

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

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

评级说明

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

风险提示

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

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。