

2023.08.20

产业研究中心

机器人产业深度（四）：机器人的眼睛——3D 工业视觉

摘要：

从 2D 视觉到 3D 视觉是一次技术的跃升。3D 视觉针对工业自动化应用上的“痛点”，提升缺陷识别的精度和自动化产线在线检测的速度，加速在机器人引导和移动机器人环境感知场景落地。针对不同自动化领域的专业化定制是 3D 工业视觉的主要特征，视觉大模型赋能 3D 工业视觉，降低定制化开发的成本，提升定制化开发的效率，有效拓展应用场景。2022 年中国 3D 工业相机市场规模 18.4 亿元 /yoy+59.9%，GGII 预计 2027 年接近 160 亿元，复合增速 53.8%。

3D 视觉技术满足工业领域更高精度、更高速、更柔性化的需求，扩大工业自动化的场景。2D 视觉技术基于物体平面轮廓，无法获得曲度、空间坐标等三维参数，检验精度低。激光三角测量、结构光、ToF、多目视觉等技术共同推动了 3D 视觉发展。高精度缺陷检测场景（如：半导体有图形晶圆检测）技术要求最高，主要采用激光三角测量、干涉和共聚焦技术；生产线在线检测和装配最难，需要复杂的解决方案来适应不同的生产场景，并在振动和环境光干扰下实现高速度和高精度，主要技术是激光三角测量和结构光。仓库自动化（尺寸测量、环境感知、手势识别、随机拣箱）主要采用结构光和立体视觉。

移动机器人视觉引导最具前景的场景，主要技术包括结构光、ToF、立体视觉。环境感知具备宽视场、高速度（用于实时视觉伺服）、高精度的要求，技术路径尚未确定。特斯拉 Optimus 的 3D 传感模块以多目视觉为主，全身搭载 8 个摄像头，自研 SoC 芯片 FSD，纯视觉方案硬件成本低，对软件算法要求高。国内外其余厂商多采用 3D 相机+激光雷达方案，优必选 WALKERX 的视觉模块采用多目视觉，小米 CyberOne 的 Mi-Sense 采用 iToF+RGB，追觅采用 ToF+结构光，智元 A1 采用 RGBD 相机。

从深度学习到通用视觉大模型，AI 助力机器视觉提升效率，拓展应用场景。过去工业机器视觉主要针对垂直场景的少量数据进行小模型训练，模型处理问题的复杂程度受限。23 年 4 月 Meta 发布通用图像分割大模型 SAM，视觉大模型赋能 3D 视觉，可以实现：a.大模型在广泛下游场景中具备优势，有望降低定制化开发成本，提升机器视觉产品毛利率，快速拓展应用场景。B.大模型在零样本或少量样本上表现优秀，机器视觉将在这些领域得以拓展，如从代码驱动变为视觉驱动的机器人、流程工业场景。

在精密检测及测量场景中，原 2D 视觉头部厂商优势较大；在机器人引导类场景中，内资初创型厂商以快速设计并落地方案的优势，处于领先地位。在精密检测及测量场景中，3D 通常是与 1D、2D 技术融合使用，现有 2D 视觉领导厂商依靠成熟的供应链以及深厚的行业 Know-How，依然会主导行业发展，领先的企业有：基恩士、奥普特、大恒图像、凌云光等。国内 3D 工业视觉企业主要集中在设备组装和集成环节，依靠性价比、深度定制以及服务能力赢得市场，但其主要核心零部件（机器人运动算法、应用工艺包，3D 工业相机）主要为外购。在移动机器人引导应用中，内资初创型 3D 视觉厂商处于领先地位。目前大部分企业集中在机械臂进行分拣、上下料等场景，代表企业：梅卡曼德、图漾科技、熵智科技、迈德威视、知象光电、埃尔森、海康机器人、迁移科技、如本科技等。以视觉为主要导航方式的移动机器人在国内还较少，有：海康机器人、灵动科技、马路创新、蓝芯科技等。

风险提示：新技术的应用速度低于预期。

作者：肖群稀

电话：0755-23976830

邮箱：xiaoqunxi027589@gtjas.com

资格证书编号：S0880522120001

作者：鲍雁辛

电话：0755-23976830

邮箱：baoyanxin@gtjas.com

资格证书编号：S0880513070005

往期回顾

钙钛矿电池产业链深度报告（五）：柔性钙钛矿价值初显，轻量化便携应用可期

2023.08.16

丹纳赫案例研究（下）：国内产业并购、天时地利人和

2023.08.15

制氢电解槽和输氢管道：欧洲氢能下一步的着力点

2023.07.29

降本为王：论碱性和 PEM 电解水制氢技术路线的选择

2023.07.07

钙钛矿电池产业链深度报告（四）：效率极限探索下，叠层电池展翅欲飞

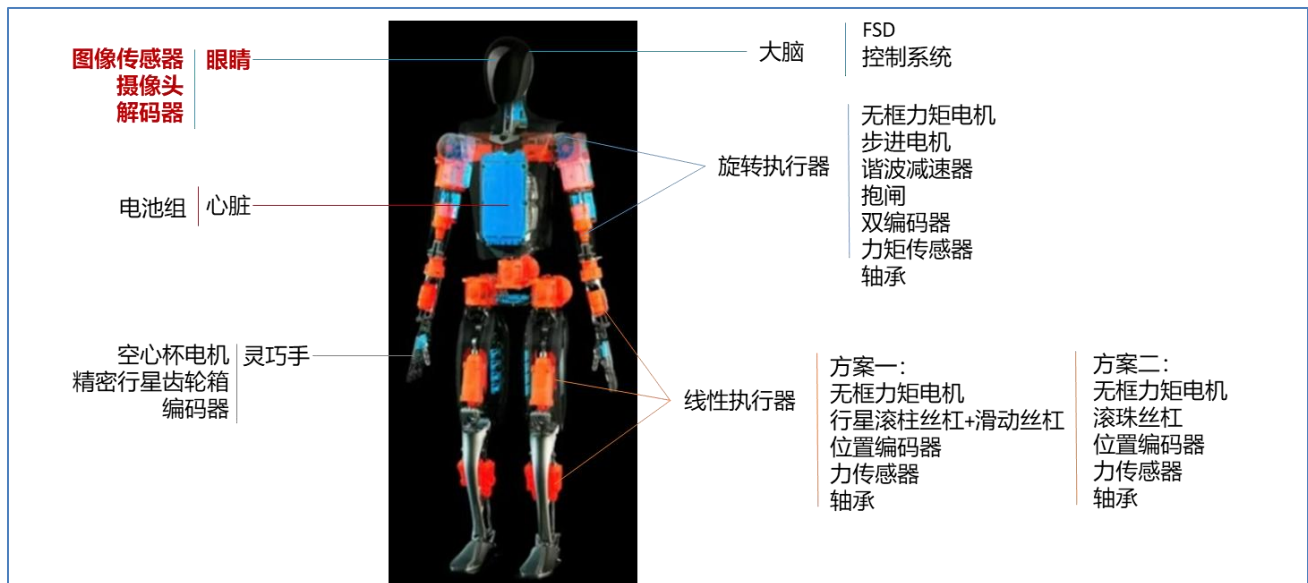
2023.07.05

目 录

产业链梳理	3
1. 视觉：为机器人装上眼睛	4
1.1 预计 2022-2027 年中国 3D 工业视觉 CAGR=53.8%	4
1.2 识别、定位、测量、检测的视觉技术难度递增	5
2.3 3D 视觉最有前景的场景：机器人引导、高精度测量、缺陷识别	7
2. 从 2D 成像到 3D 视觉感知是一次技术的跃迁	10
2.1 激光三角测量、结构光、ToF、多目视觉等技术共同推动了 3D 视觉的发展	10
2.1 移动机器人引导技术方案未定，高精度量测主要用激光三角法	12
2.3 人形机器人主要采用 ToF、立体视觉	12
3. 3D 视觉行业格局：2D 视觉头部厂商主导精密检测及测量，国内初创企业深耕移动机器人引导场景	14
3.1 3D 工业视觉市场格局：专业化定制趋势明确	14
3.2 原 2D 视觉厂商借助供应链优势及行业 Know-How 积累，进一步加深在量测和识别领域的护城河	16
3.3 内资初创厂商深耕机器人引导场景，优势明显	18
4. 3D 视觉核心部件：需努力实现自主可控	19
4.1 3D 光源：红外激光发射器	19
4.2 3D 红外光摄像头	20
4.3 窄带滤光片	22
4.4 CMOS 图像传感器	22
5. AI 赋能机器视觉，提升具体场景分析能力，拓宽应用场景	23
5.1 视觉软件开发模式：软件平台+视觉包	23
5.2 3D 视觉和 AI 技术的应用，提升对具体场景分析的能力	24
5.3 结合大模型实现降本增效，推动更广泛的商业化落地	25
风险提示	27

产业链梳理

图 1：机器视觉产业链梳理



光学玻璃	海外厂商	国内厂商	CMOS传感器	海外厂商	国内厂商	红外窄带滤光片	海外厂商	国内厂商	VCSSEL	海外厂商	国内厂商	图像处理芯片	海外厂商	国内厂商
	• 佳能 • 尼康 • 腾龙 • 富士能 • CBC Computar	• 舜宇光学 • 凤凰光学 • 联合光电 • 永新光学 • 宇瞳光学 • 联创电子		• 索尼 • 三星 • TI • 富士通 • 东芝	• 格科微 • 豪威 • 思特微 • 奇景光电		• VIAVI • Buhler • 美题隆 • 波长科技	• 水晶光电		• Finsar • Lumentum • Princeton • Optronics • II VI	• 光迅科技 • 华芯半导体 • 长春光机所		• TI • 德州仪器 • 英飞凌	(无)
镜头	海外厂商	国内厂商	光源及控制器	海外厂商	国内厂商	2D相机	海外厂商	国内厂商	3D相机	海外厂商	国内厂商	软件	海外厂商	国内厂商
	• 德国施耐德 • 卡尔蔡司 • 美国Navitar • CBC Computar • Moritex • 意大利Opto • Stemmer Imaging • 大立光	• 东正光学 • 奥普特 • 联合光电 • 宇瞳光学 • 联创电子 • 慕藤光 • 欧菲光 • 普密斯		• CCS • Moritex • Stemmer Imaging • 美国Ai • 基恩士	• 奥普特 • 康士达 • 锐视光电 • 嘉励 • 伟朗光电 • 沃德普 • 大族激光		• 康耐视 • 基恩士 • Basler • DALSA • AVT	• 奥普特 • 大华科技 • 维视图像 • 海康机器人 • 大恒图像 • 度申科技 • 迈德威视 • 埃科光电		• 康耐视 • 基恩士 • Mvtec • IDS • 佳能 • 巴斯勒 • ISRA	• 奥普光电 • 海康机器人 • 奥普特 • 梅卡曼德 • 纳智科技 • 图漾科技 • 如本科技 • 蓝芯科技		• 康耐视 • 基恩士 • Mvtec	• 奥普特 • 奥普光电 • 天准科技 • 维视图像 • 创科视觉 • 海康机器人
视觉系统集成商														
基恩士、康耐视、海康机器人、奥普特、大恒图像、凌云光、华睿科技、海克斯康、ISRA、Hennecke、DWFritz														
设备商														
天准科技、精测电子、凌云光、华兴源创、美亚广电、先导智能、超音速、大恒科技、深科达、康鸿智能、赛腾电子、博杰股份、科瑞技术、易思维、梅卡曼德、星狼哲、视比特、视科普、阿丘科技、精锐视觉														
消费电子		半导体		汽车		锂电		机器人自主移动						
对产品进行PCB/FPC/AOI检测、零部件及整机外观检测、装配引导等		硅片检测分选、晶圆缺陷检测和成品外观检测，尤其是晶圆制造中的检测、定位、切割、封装全过程的外观检测、缺陷检测、尺寸测量等		海制造工艺检测、自动化跟踪、追溯及控制等		关键工艺的缺陷检测、尺寸测量和定位。如：涂布的涂覆纠偏、尺寸测量，极片表面缺陷检测、尺寸测量、卷绕对齐度、极耳裁切碎屑、入壳顶盖和密封钉焊接质量检测		机器人的自主移动需要3D相机来绘制周围环境和导航。目前主要的技术包括结构光、ToF、立体视觉。人形机器人中主要采用ToF与立体视觉						

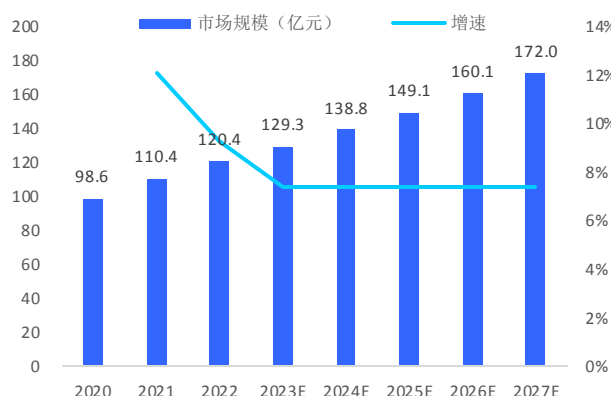
数据来源：各公司招股说明书、国泰君安证券研究

1.视觉：为机器人装上眼睛

1.1 预计 2022-2027 年中国 3D 工业视觉 CAGR=53.8%

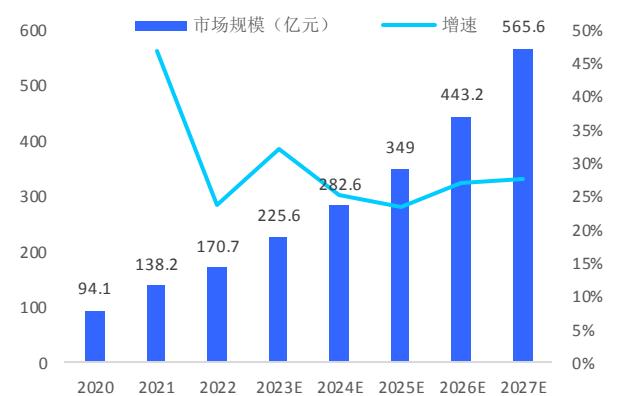
预计 2027 年中国机器视觉市场规模为 566 亿元，CAGR 为 27%。根据 MarketsandMarkets 和高工产业研究院数据，2022-2027 年全球机器视觉市场规模提升到 172 亿美元，年复合增速 7.4%，中国市场规模预计从 170.7 亿人民币提升到 565.6 亿元，年复合增速 27.1%，远高于全球水平。

图 1：预计 2027 年全球机器视觉市场规模 172 亿美元



数据来源：MarketsandMarkets、国泰君安证券研究

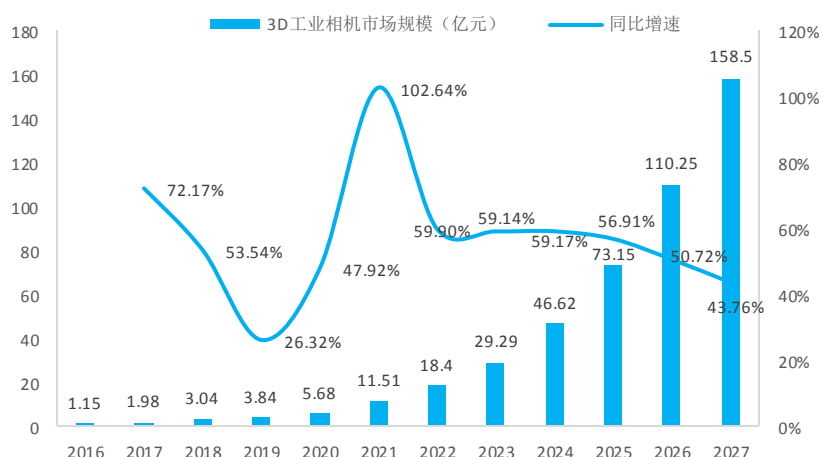
图 2：预计 2027 年中国机器视觉市场规模 566 亿人民币



数据来源：高工产业研究院、国泰君安证券研究

预计 2027 年中国 3D 工业相机市场规模为 160 亿元人民币，2022~2027 年 CAGR 为 53.8%。GGII 数据显示，2022 年中国 3D 工业相机市场规模为 18.40 亿元，同比增长 59.90%，渗透率接近 10%。随着制造业智能化深入，预计 2027 年 3D 工业相机市场规模将接近 160 亿元，2022~2027 年 CAGR 为 53.8%。

图 3：2016-2027E 中国 3D 机器视觉市场规模与增速预测（亿元）



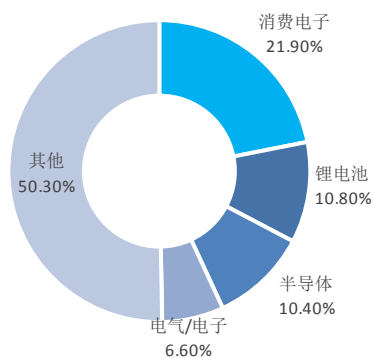
数据来源：GGII、海康机器人招股书、国泰君安证券研究

1.2 识别、定位、测量、检测的视觉技术难度递增

机器视觉下游应用行业，消费电子占 21.9%，锂电、半导体各占 10%，电气/电子占比 6.6%。在国内，机器视觉在 3C 行业的需求量最大，应用覆盖电子元器件的生产、组装、检测、识别、分类以及读码追溯的全流程。近年来，国内新能源、半导体、汽车行业视觉渗透率快速提升。

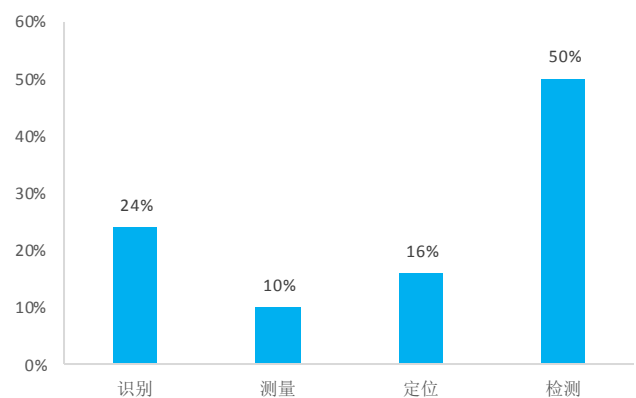
从技术难度上来说，识别、定位、测量、检测的技术难度递增。在线检测需要在短时间内对大量的图像数据进行处理和分析，同时要保证检测的准确性和可靠性，不受环境因素的干扰。由于工业细分场景繁多，在线检测要适应不同的产品类型、规格、形状，能够自动识别和调整检测参数和策略，处理复杂的图像特征和背景干扰，实现自动学习和优化。

图 4：2022 年机器视觉下游行业市场规模



数据来源：GGII、国泰君安证券研究

图 5：机器视觉主要应用场景中检测价值量占比



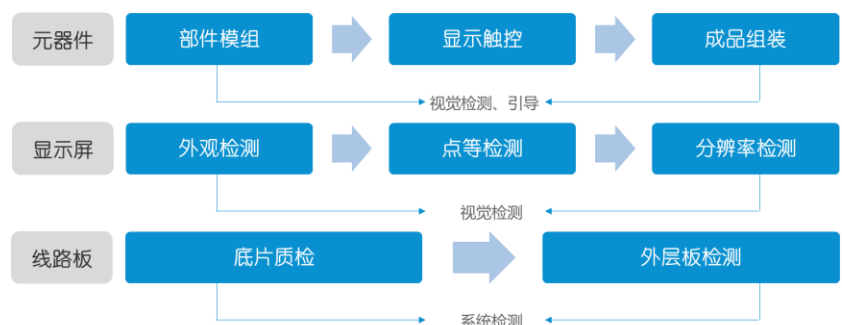
数据来源：GGII、国泰君安证券研究

注：图中数字代表该环节价值量占比

从消费电子、锂电池、半导体三个典型行业的具体场景，看机器视觉的应用：

a.消费电子领域，机器视觉主要用于过程检测、尺寸测量和尺寸全检。制程中检测包括准确的视觉检测、高效的尺寸测量、结合大数据快速定位发生源头。关键尺寸测量包括螺丝孔尺寸测量，关键轮廓的测量，信号和焊接尺寸测量。尺寸全检包括所有装配位置度的测量，孔径长宽尺寸测量，特征结构匹配测量不确定的漏失。

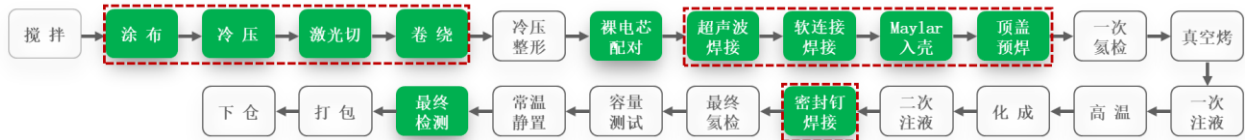
图 6：机器视觉在电子制造过程的应用场景



数据来源：奥普特官网

b.动力电池制造过程中，机器视觉应用于关键工艺的缺陷检测、尺寸测量和定位。
电芯前段工序，在涂布、辊压等环节，锂电池容易产生露箔、暗斑、亮斑、划痕等缺陷，机器视觉主要用于涂布的涂覆纠偏、尺寸测量，极片的表面缺陷检测、尺寸测量、卷绕对齐度等环节。电新后段工序，主要应用于裸电芯极耳翻折、极耳裁切碎屑、入壳顶盖和密封钉焊接质量检测、电芯外观检测、尺寸测量、贴胶定位等；模组和 PACK 阶段，主要用于底部蓝胶、BUSBAR 焊缝、侧焊缝、模组全尺寸和 PACK 检测等。

图 7：机器视觉在锂电池行业的应用场景



数据来源：奥普特官网

c.半导体领域，机器视觉主要应用于硅片检测分选、晶圆缺陷检测和成品外观检测，尤其是晶圆制造中的检测、定位、切割、封装全过程都需应用机器视觉技术。硅片检测分选使用 3D 测量系统，实现对硅片产品多种性能参数一站式自动检测，实现检测数据管理可视化分析统计，并对硅片质量等级自动分类。半导体工艺检测使用机器视觉实现制造工艺外观缺陷的 3D、2D 检测，晶圆表面缺陷、杂物、裂纹、切割断裂等检测。实现封装工艺、晶片不良、胶水不良、焊线不良、焊球不良以及杂物检测。成品外观检测主要包括划痕检测、电池检测、插卡槽检测。

图 8：机器视觉在半导体行业的应用场景

硅片制造			晶圆制造工艺							封测
切	磨	抛	离子注入	扩散	镀膜	抛光	刻蚀	曝光	清洗	晶圆检测
		surface scan	无图形缺陷检测 (4.6%)							
						有图形缺陷检测 (29.6%)				
				review SEM (5.6%)						
				E-Beam						
						掩模版检测 (11.3%)				
		wafer-sites	膜厚 (11.4%)							
			四探针电阻							
			膜应力							
			参杂浓度							
					关键尺寸 (20%)					
					套准测量 (8.6%)					

数据来源：中科飞测，注：图中数字代表该环节价值量占比

2.3 3D 视觉最有前景的场景：机器人引导、高精度测量、缺陷识别

3D 视觉技术在检测精度、光照环境等性能远超 2D。2D 视觉技术在工业自动化过程的应用已经超过 30 年时间，2D 视觉基于物体平面轮廓驱动，解决部分二维层面的读条识别、边缘检测等问题，无法获得曲度、空间坐标等三维参数，完全可以满足外观检测、识别等应用，但检验精度低。3D 视觉技术在 2014 年前后开始兴起，利用立体摄像、激光雷达等技术准确地完成物体三维信息的采集，对于光照条件、物体对比度等客观因素适应能力更强，可以实现 2D 视觉无法实现或者不好实现的功能，例如检测产品的高度、平面度、体积等和三维建模等，更加适配半导体、汽车、3C 等领域的高精度工业需求，检测要求精度达到 $< 1\mu\text{m}$ 。

图 9：2D 视觉与 3D 视觉的优劣势对比

	2D 视觉	3D 视觉
优势	开源数据集多，算法成熟，目前市场应用广泛，成本较低	测量物体绝对尺寸、位置、表面缺陷等；适应不同的光照条件和物体表面性质，如弱光环境、低对比度、反光物体等，降低干扰因素
劣势	识别精度收到遮挡、形变、光强、噪声等因素干扰影响；无法获得物体三维信息和空间距离；难以测量物体绝对尺寸与真实形状、表面纹理等物理特征，无法细微复杂的缺陷和异常	数据质量要求较高，AI 算法能力有待进一步加强；进入门槛高，价昂贵
应用场景	质量检测、人脸识别、条码读取、标签检验等	质量检测、柔性装配、自动化仓储、机器人引导和表面跟踪、自动驾驶等

资料来源：国泰君安证券研究

3D 工业视觉提升了检测和测量的精度和效率，扩大了质量控制在线检测的应用范围，在机器人引导（移动机器人+3D 视觉、机械臂+3D 视觉）场景应用前景广阔。

图 10：工业 3D 视觉应用场景

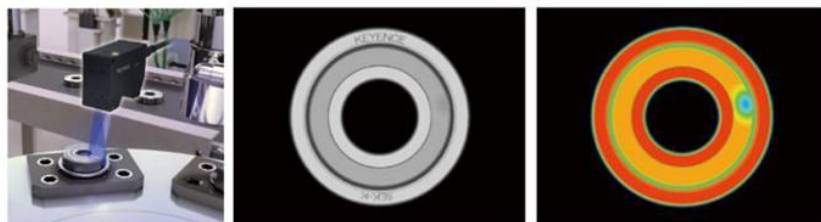
	细分	内容
识别类 图像采集+点云处理 	检测类 	瑕疵、外观、焊缝等检测
	测量类 	尺寸、体积、形状、数量等测量
引导类 图像采集+点云处理+路径规划 	抓取类 	智能分拣、拆码垛、上下料、装配
	工艺类 	涂胶、焊接、打磨、切割等
	移动机器人/自动驾驶	障碍物探测识别、车道线识别、辅助定位、道路信息读取、三维地图构建、物体测距

资料来源：MIR、国泰君安证券研究

目前 3D 视觉最有前景的工业应用场景：高精度的测量及缺陷识别、高速高精度的在线检测、自动装配、视觉引导机器人等。

a.扩大质量控制在线检测的应用范围：2D 视觉技术在低对比度、高反射或透明材料或带有阴影的特征等方面存在局限。由于这些限制，即使在最先进的制造商的工厂里，也只有 30-40%的组件进行了在线检测。3D 视觉可以很好地解决这些问题，扩大质量控制在线检测的范围。

图 11：3D 图像清楚地显示了 2D 图像无法显示的缺陷



数据来源：图灵人工智能

图 12：3D 视觉在低对比度、高反射或透明材料上处理得很好



一定程度反光的物体 Mech-Eye PRO S @ 0.6 m

数据来源：梅卡曼德

b.协作机械臂柔性装配：总装是目前大多数行业自动化程度最低的环节之一，它涉及精确的校准，各种各样的工件，以及潜在的频繁变化。在汽车制造中，焊接过程的自动化程度约为 90%，而组装的自动化程度不到 5%。3D 视觉是使用协作机器人和其他先进自动化设备的下一代柔性装配系统的使能技术。

图 13：3D 视觉引导手机自动化装配

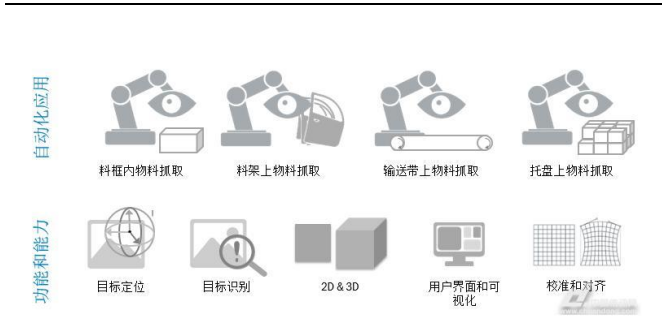


数据来源：图灵人工智能官网

c.仓库自动化，随机拣箱是应用难点。存储、检索、分类和码垛都需要 3D 视觉来确

定包的尺寸。拣箱是实现工厂和仓库的基本功能。近年来生产和物流自动化的程度已经得到大幅提升，但随机拣箱（许多类型的物体重叠和堆积，而不是排列在一个平面上）的场景仍然没有实现无人化。3D 视觉不仅可以识别物体，还可以让机器人辨别物体的位姿，并通过视觉伺服控制机器人进行工作。

图 14：3D 视觉在自动化工厂中的应用



数据来源：康耐视官网

图 15：3D 视觉在机器人随机拣箱中的应用



数据来源：康耐视官网

d.视觉引导机器人：引导定位分为移动机器人+机器视觉、机械臂+机器视觉两种路线。几类环境感知技术中，激光雷达和毫米波雷达都具有明显的优劣势，激光雷达精度高，探测范围比较广，可以构建机器人和周围环境的 3D 信息，但受天气的干扰较强；毫米波雷达对于烟雾、灰尘等环境的穿透性较强，所以在特殊环境下它的测距信息会比较好，但是测距精度要弱一些。视觉感知会有效弥补其他感知技术的缺点，对于可靠性要求高的场合，立体视觉加毫米波也是一个很好的组合，视觉感知的技术成本会比激光雷达更低。

图 16：3D 视觉在工厂移动机器人引导中的应用场景



数据来源：蓝芯科技

图 17：主要环境感知技术的比较

	优点	缺点	范围	成本	功能
激光雷达	精度高，探测范围广，可以构建车辆周边环境 3D 模型	容易受到雨雪雾等恶劣天气影响	200 米以内	高	障碍物探测识别、车道线识别、辅助定位、三维地图构建
单目视觉	可对物体几何特征、色彩及文字等信息进行识别，可通过先验知识实	受光照变化影响大，容易收到恶劣	最远 500 米	较低	障碍物探测识别、车道线识别、辅助定位、道路信息读取、地

	现对障碍物距离的探测，技术成熟	环境干扰			图构建
双目视觉	可对物体几个纹理，三维空间进行	受光照变化影响			障碍物探测识别、车道线识
	探测感知，对障碍物的识别测距无	大，容易收到恶劣	最远 200 米	较低	别、辅助定位、道路信息读
	需先验知识	环境干扰			取、三维地图构建、物体测距
毫米波雷达	对厌恶、灰尘的穿透力较强，具备	测量范围相对激光	200 米以内	较低	障碍物探测（中远）
	全天候的能力，对相对速度、测距	雷达更窄，难以辨			
	准确度高	别物体小小和形状			
超声波雷达	技术成熟，成本低，受天气干扰	测量精度差、精良	3 米以内	低	障碍物探测（近距）
	小，抗干扰能力强	范围小，距离近			
GSNSS/IMU/RTX	通过对卫星，RTX 定位和惯导进行	容易收到城市建	广域，高精度定位	低	测量导航，定位
	结合实现对车辆定位	筑，隧道等障碍物	可以到厘米级		
		的干扰			

资料来源：《无人驾驶中的环境感知和立体视觉》、国泰君安证券研究

2.从 2D 成像到 3D 视觉感知是一次技术的跃迁

2.1 激光三角测量、结构光、ToF、多目视觉等技术共同推动了 3D 视觉的发展

3D 视觉常用四种技术：激光三角测量、结构光、飞行时间(ToF)、多目视觉。工作原理均为红外激光发射器发射出近红外光，经过人脸反射后，红外信息被红外光 CMOS 图像处理器接收，并将信息汇总至图像处理芯片，得到物体的三维数据，实现空间定位。不同之处在于：发射近红外光取得三维数据的方式，激光三角测量用激光线扫描物体表面，结构光发射的是散斑，ToF 是发射面光源，而双目立体成像则是通过双目匹配，进行视差算法。

激光三角测量：也被称为“位移传感器”。该方法采用激光线扫描物体表面，并通过相机观察到的激光线变形分析、获得物体表面每个点的深度数据。特点：测量结果能够达到微米级，但扫描速度和工作范围有限。激光三角测量的高精度、动态测速性能促使在线检测发展迅速。

结构光：通过光学投射模块将具有编码信息的结构光投射到物体表面，在被测物表面形成光条图像。图像采集系统采集光条图像后，通过算法处理得出被测物表面的三维轮廓数据，以还原目标物体三维空间信息。结构光技术是一种主动的三维测量技术。特点：由于结构光是主动光，好处是昏暗环境和夜间可用。不需要根据场景的变化而有变化，降低了匹配的难度。但显然在强光环境中会受到干扰，室外基本不可用。另外，由于主动结构光是带编码的，所以多个结构光相机同时使用也是有问题的。在实测中，结构光在角度比较小的侧面上反射比较严重，经常出现比较大的黑洞，当然黑色物体和玻璃是结构光的大 BUG，一个吸光一个透光。

飞行时间(ToF)：由发射和反射光信号之间的时间延迟来测量，给定固定的光速。为了精确地测量时延，经常使用短光脉冲。这种技术跟 3D 激光传感器原理基本类似，只不过 3D 激光传感器是逐点扫描，而 ToF 相机则是同时得到整幅图像的深度信息。特点：和结构光方式相比，ToF 并不需要对光的图案做复杂解析，只需要反射回来即可，这大大的提高了鲁棒性，深度信息还原度比结构光好很多，点云的完整性更好。主要表现在：深度图质量要高于结构光，抗强光的干扰能力也更强一些，精度也要更高一些。对于玻璃，是光技术的死穴，只能靠其他技术来弥补了。ToF 速度高，但精度只有毫米级。ToF 技术的难度较高，成本也较高。

立体视觉法：指从不同的视点获取两幅或多幅图像重构目标物体 3D 结构或深度信息，目前立体视觉 3D 可以通过单目、双目、多目实现。双目机器视觉是指使用两个 RGB 彩色相机采集图像，并通过后端的双目匹配和三角测量等算法，计算得到深度图的技术方法。双目技术使用的是物体本身的特征点，由于每一次双目匹配都面对不同的图像，都需要重新提取特征点，计算量非常大。双目是一种被动的三维测量技术。特点：硬件复杂度较低，弱光或目标特征不明显时几乎不可用。同时，双目相机的运算复杂度也非常高，对硬件计算性能要求极高。因为计算能力要求高，双目相机极少在嵌入式系统设备中使用，双目相机在通用场景中表现也并不太好，像诸如 slam 导航等应用，但在工业自动化领域和 x86 系统中,双目相机应用广泛，因为工业自动化中，双目相机只要解决特定场景中的特定问题。

图 18：主流 3D 视觉检测方法对比

测量方法	双目视觉	结构光测量	激光三角测量	飞行时间
算法复杂度	高	高	低	低
扫码速度	中	慢	快	快
抗干扰能力	中	差	高	中
成熟度	高	中	高	高
硬件成本	中	高	中	低

数据来源：《3D 技术在机器视觉检测中的应用》，国泰君安证券研究

图 19：3D 视觉技术-激光三角测量技术原理

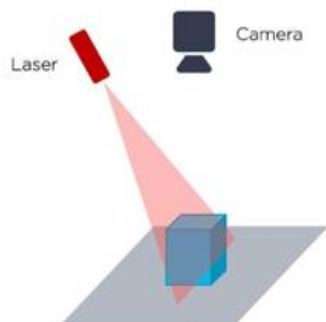


图 20：3D 视觉技术-结构光技术原理

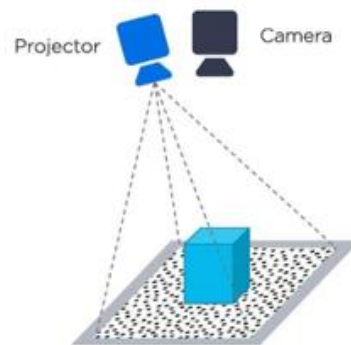


图 21：3D 视觉技术- ToF 技术原理

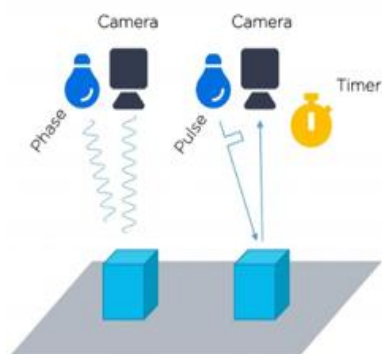
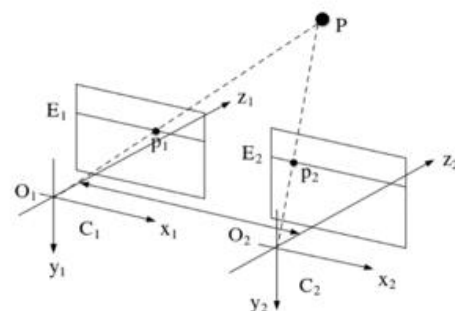


图 22：3D 视觉技术- 立体双目技术原理



数据来源：《3D 技术在机器视觉检测中的应用》

数据来源：《3D 技术在机器视觉检测中的应用》

2.1 移动机器人引导技术方案未定，高精度量测主要用激光三角法

3D 视觉常用技术的重点应用场景和特征总结如下：

a.检测尤其是高精度的缺陷检测场景（典型代表：半导体有图形晶圆检测）是技术要求最高的，主要采用激光三角测量技术。

b.生产线在线检测是最难的，需要复杂的解决方案来适应不同的生产场景，并在振动和环境光干扰下实现高速度和高精度。主要应用的技术是激光三角测量技术和结构光技术，激光三角测量技术也可以用于生产线上的柔性装配领域。

c.仓库自动化：包括尺寸测量、环境感知、手势识别等功能，主要采用结构光技术和单目/双目视觉技术，**随机拣箱主要采用结构光技术**。这些功能也会在消费场景中得到应用，如手机的人脸识别、手势识别等。

d.机器人视觉引导是目前最具前景的场景。由于环境感知具备宽视场、高速度(用于实时视觉伺服)、高精度的要求，**最终的技术路径尚未确定，目前主要用到的技术包括结构光、ToF、立体视觉。**

图 23：主流 3D 视觉检测方法性能对比

	结构光	双目视觉	TOF
测量原理	基于特征匹配	基于特征匹配	基于飞行时间测
光源	红外光	自然光	红外光
测量范围	0.1-10m，短距离(1m)内精度较高，达厘米级	0.3-25m，短距离范围内 0.01mm-1cm	0.1-100m，稳定在厘米级
精度	短工作范围能达到高精度 0.01mm-1mm	短工作范围能达到高精度 0.01mm-1cm	典型精度 1cm
软件复杂度	中	非常高	低
帧率	较低，几十 Hz	低到中<百 Hz	可以做到非常高
户外工作情况	影响较大，功率小的时候基本无法工作	无影响	有影响但较低，功率小的时候影响较大
黑暗环境能够工作	可以	不可以	可以
价格	随精度价格不同：1mm 级精度千元量级，0.1mm 万元量级，0.01mm 几十万量级	非常便宜，千元级别	根据测量范围、帧率不同，几千~几百万

数据来源：《3D 技术在机器视觉检测中的应用》，国泰君安证券研究

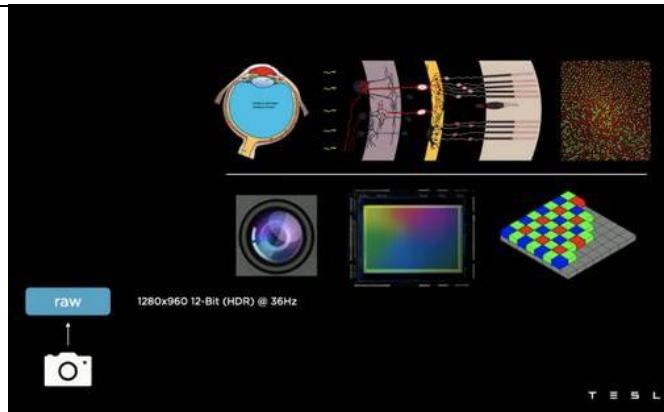
2.3 人形机器人主要采用 ToF、立体视觉

特斯拉采取纯视觉方案，其余大多数入形机器人厂商采用深度相机+激光/超声波雷达的方案。特斯拉 Optimus 机器人的 3D 传感模块以多目视觉为主，波士顿动力 Atlas 采用激光雷达+深度相机，优必选 WALKERX 采用基于多目视觉传感器的 3D 视觉定位 小米 CyberOne 机器人所搭载的 Mi-Sense 深度视觉模组是由小米设计，欧菲光协同开发完成，其机器视觉深度相机模块主要由 iToF 模组、RGB 模组、可选的 IMU 模块组成。

特斯拉采取纯视觉方案，硬件成本低，对软件算法要求高。特斯拉人形机器人共搭载 8 个摄像头，搭载自研的 FDS 芯片，实现 360°环绕的影像识别。FSD 系统可以实现每 1.5 毫秒 2500 次搜索的超高效率，预测可能出现的各种情况，并在其中规划出最安全、最舒适、最快速的路径。特斯拉自主研发了基于神经网络的训练方式，拥有一支 1000 人左右由世界各地人才组成的数据标注团队，每天对视频数据中的

物体在“矢量空间”中进行标注，在善于把握细节的人工标注和效率更高的自动标注配合下，只需要标注一次，“矢量空间”就能自动标注所有摄像头的多帧画面。这为特斯拉带来了上百亿级的有效且多样化的原生数据，而这些数据都会用于神经网络培训。多任务学习 HydraNets 神经网络架构可以将 8 个摄像头获取的画面拼接起来，并完美平衡视频画面的延迟和精准度。通过人工或自动标注环境和动静物体，系统会逐帧分析视频画面，了解物体的纵深、速度等信息，再将这些数据交给机器人学习，绘制 3D 鸟瞰视图，形成 4D 的空间和时间标签的“路网”以呈现道路等信息，帮助车辆/机器人把握驾驶环境，更精准的寻找最优路径。

图 24：特斯拉采用 3D 视觉感知



数据来源：wind

图 25：特斯拉：4 维空间+矢量空间标签



数据来源：wind




国内外人形机器人厂商多采用激光雷达+深度视觉的方案。激光雷达的方案成本比纯视觉方案高，对软件算法的要求相对纯视觉方案低。优必选 WALKERX 的视觉模块采用多目视觉，小米 CyberOne 的 Mi-Sense 采用 iToF+RGB，追觅采用 ToF+结构光，智元 A1 采用 RGBD 相机。

图 26：中国已发布的几款主流人形机器人的感知技术路线

	本田 ASIMO	优必选 WalkerX	特斯拉 Optimus	小米 铁大	追觅 -	宇树 H1	星纪纪元 Robot Era/小星	智元科技 远征A1
发布时间	2011	2021	2022	2022.08.11	2023.03.28	2023.08.16	2023.08.16	2023.08.18
身高	130cm	163cm	172cm	177cm	178cm	-	-	175cm
体重	48kg	63kg	57kg	52kg	56kg	47Kg	-	53kg
自由度	57个	41个	40个	21个	44个	单腿5个，单手4个	-	49个
最大行走速度	2.5m/s	0.83m/s	2.2m/s	1m/s	-	> 5m/s;	-	7km/h
关节硬件方案	均为旋转执行器，采用伺服电机+谐波减速器方案	高性能伺服驱动关节，扭矩 4.5Nm~200Nm，转速3rpm~90rpm	三款旋转关节，三款直线关节，旋转关节的扭矩为 20、110、180Nm，直线关节的推力为500、3900、8000N	上肢为自研500克，额定输出扭矩30Nm，支持单手反复提1.5公斤生物；下肢关节电机，瞬时峰值扭矩300Nm	集成了电机、驱动器、减速器及双编码器。自研伺服电机最大输出扭矩32Nm，最大转速220rpm	上半身用谐波，下半身单腿5个自由度行星方案+无刷电机，行星是2个串联达到高减速比。关节单元极限扭矩：膝关节约 360Nm、髋关节约 220Nm、踝关节约 45Nm、手臂关节约 75Nm	自研一体化系列关节，集无框力矩电机、精密行星减速器、高精度编码器、驱动器为一体，单电机峰值扭矩扭矩密度30Nm/Kg	使用了准直驱关节方案，实现了低齿槽转矩设计，搭配 10 速比以内的高力矩透明度行星减速器、共轭同轴双编码器、一体液冷循环散热系统，以及自研的矢量控制驱动器。自研核心关节电机 PowerFlow，峰值扭矩 350Nm，重量1.6kg
视觉方案	双目视觉+激光传感器+红外传感器	四目立体视觉1个+超声波传感器4个+RGBD相机2个	纯视觉方案，8个摄像头，搭载自研的FDS芯片	MI-Sense深度视觉模组+AI深度知觉算法+语义解析技术引擎：MiAI引擎	深度相机+SLAM、ToF激光雷达、结构光等算法+AI大型语言模型	深度相机+3D激光雷达	-	RGBD 相机+激光雷达
灵巧手	自研	自研	单手6个自由度，采用连杆结构	自研	自研	正在开发	自研	自研灵巧手 Skillhand，主动12个自由度，被动5个自由度，配备基于视觉的指尖传感器，成本小于1万RMB

数据来源：各家公司官网、国泰君安证券研究

图 27：中国已发布的几款主流四足机器人的感知技术路线

	WEILAN	小米	Unitree	云深处科技	追觅
	AlphaDog C200	CyberDog2	GO2	绝影Lite3	Eame One 二代
					
时间	2021	2023	2023	2023	2023
身高	45cm	36.7cm	40cm	40.5cm	-
体重	24kg	8.9kg	15kg	12kg	-
自由度	-	12	12	-	15
最大行走速度	4.15m/s	1.6m/s	5m/s	4.95m/s	-
感知方案	力矩感知+三维空间6D视觉定位+地面触觉感知	触摸传感器+TG30激光传感器+ToF传感器+YDLIDAR TG30激光雷达	Unitree自研4D激光雷达+L14D LIDAR L1超感知系统	高级感知能力开发接口(SDK,API), 搭配激光雷达与深度相机	多种传感器
控制器方案	ARM 64 bit处理器	21TOPS算力的NX芯片+双协处理器	高性能ARM处理器+AI算法处理器+外置ORIN NX/NANO	工业级实时控制系统,控制频率高达1kHz, 采用工业级IMU	21TOPS澎湃算力

数据来源：各家公司官网、国泰君安证券研究

3. 3D 视觉行业格局：2D 视觉头部厂商主导精密检测及测量，国内初创企业深耕移动机器人引导场景

3.1 3D 工业视觉市场格局：专业化定制趋势明确

消费电子领域是目前 3D 视觉感知最大的应用领域，占比近 40%。2017 年苹果发布的 iPhone X 搭载了前置 3D 结构光视觉传感器，标志着 3D 视觉感知技术在消费级领域开始规模化普及。3D 视觉感知技术逐步在智能手机、移动支付、AIoT、刷脸支付、智能门锁、3D 看房等领域加速落地。代表公司：

- 1 结构光：苹果(Prime Sense) 微软 Kinect-1 英特尔 RealSense, Mantis Vision, 奥比中光等；
- 2) 双目视觉：Leap Motion, ZED, 大疆等，代表应用及产品：大疆创新搭载了双目视觉系统的无人机如 Phantom Pro/Pro+、Mavic 2Pro/Zoom 等；
- 3) 光飞行时间：微软 Kinect-2, PMD, SoftKinect, 联想 Phab 等。代表应用及产品：2020 年苹果推出搭载了基于 dToF 技术的 Lidar 扫描仪的 iPad Pro 及 iPhone 12 Pro；华为、魅族等厂商相继推出搭载了基于 iToF 技术的后置 3D 视觉传感器的智能手机，基于不同技术路线的产品日益丰富；
- 4) 激光雷达：谷歌旗下 Waymo 公司搭载激光雷达及多传感器的无人驾驶汽车。

图 28：3D 视觉代表公司及产品

技术原理	公司产品	RGB 分辨率	帧率 (FPS)
结构光	Microsoft Kinect v2	1920×1080	30

	Intel RealSense D415	1920×1080	30
	苹果 PrimeSense	1280×960	60
	Xtion PRO LIVE	1280×1024	60
	Optic ensneso	1280×1024	10
	奥比中光 Astra+	1920×1080	30
双目视觉	STEREOLABS ZED	3840×1080	100
	FLIR Bumblebee	1280×960	16/20/48
	DUO 3D	640×480	98
	Rubedos Viper	1280×720	40
	司眸 PSP010-800	1280×800	25
飞行时间法	PMD CamCube 3.0	-	40/60/80
	Mesa Swiss Ranger	176×144	50
	Sony DepthSense 525	320×240	-
	Terabee 3Dcam	640×480	30
	Google&联想 Phab2 Pro	640×480	-
	奥比中光 Femto	640×480	5/10/15/30

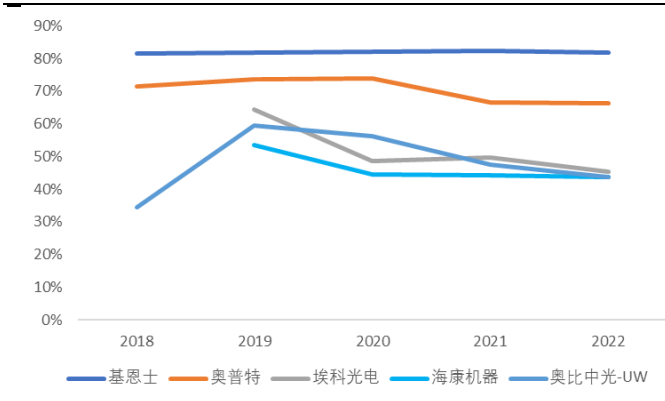
数据来源：各公司官网、国泰君安证券研究

在工业领域，3D 视觉根据不同应用场景进行专业化定制。机器视觉需要与其他自动化解决方案相互适配，在行业垂直领域的生产过程中，零件类型(材料、形状、尺寸、位置和呈现)、精度公差、生产效率和范围都是不同的，导致了视觉产品的定制化要求。在现实世界中，即使是同一行业的相同流程，两个工厂也会有不同的生产环境(照明、振动、几何配置等)，需要不同的视觉产品和配置，因此 3D 视觉的 AI 模型难以做到规范通用，针对不同自动化生产领域的专业化定制成为 3D 视觉的发展趋势。

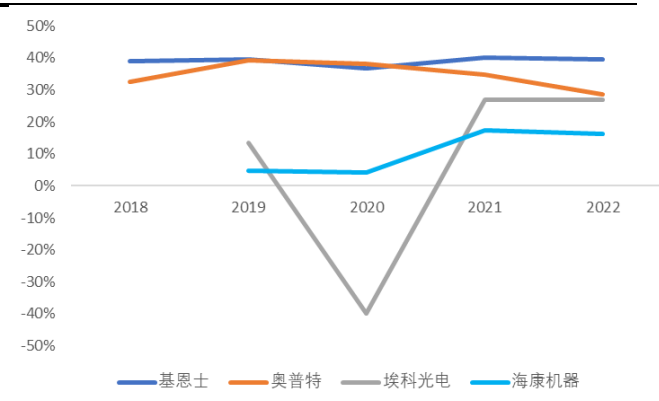
3D 工业视觉主流玩家有两类：原 2D 视觉领域内外资头部厂商、内资初创型厂商。由于定制化程度高，内外资品牌应用场景有明显区分：原 2D 视觉领域内外资头部厂商在工业高精度高效率量测和识别领域占据优势，国内 3D 视觉厂商在机器人视觉引导领域领先。同样由于工业场景定制化程度高，以及高精度、高效率的方案要求，工业级 3D 视觉的产品定价更高，盈利能力更强。

图 3D 视觉厂商毛利率比较

图 29：3D 视觉厂商净利率比较



数据来源：wind、国泰君安证券研究



数据来源：wind、国泰君安证券研究

3.2 原 2D 视觉厂商借助供应链优势及行业 Know-How 积累，进一步加深在量测和识别领域的护城河

原 2D 视觉领域的内外资头部厂商，依靠强大的供应链及项目实施经验，3D 技术的升级将进一步加深其护城河。在工业领域，3D 通常是与 1D、2D 技术融合使用，领先的工业机器视觉厂商纷纷将技术从 2D 延申至 3D，基于深厚的行业 Know-How 积累，原 2D 视觉头部厂商的竞争优势将得到进一步强化。3D 相机端，得益于镜头与 CMOS 传感器的技术领先，基恩士、康耐视的检测间隔可达 0.6 秒，基恩士、康耐视相机的检验重复精度可达 $\pm 0.5\mu\text{m}$ ，对比海康 $\pm 0.06\text{mm}$ 相机优势较大；基恩士算法搭载 AI 芯片，拥有自动特征抽出算法、机器学习算法、预处理功能，康耐视 VisionPro Deep Learning 软件基于 AI 神经网络模型运算，两者 3D 定位精度 2.5 μm ，海康算法 3D 定位精度 6 μm 。

在精密检测及测量应用中，原 2D 视觉头部厂商优势较大：机器视觉领先厂商主要应用于汽车、3C、锂电池、半导体晶圆检测、芯片检测等中高端领域，产品价值量相对本土产品更高，借助在工业 2D 视觉中较强的技术和客户积累，头部厂商如基恩士、海康威视、奥普特等在此场景中取得较大出货。大多数 3D 视觉国产品牌更多专注于物流、工程机械、金属加工、3C 电子等毛利率较低、对产品精度要求相对较低的中低端场景中。如：梅卡曼德、埃尔森等企业专注于机器人引导类型相机；图漾科技、海康机器人产品主要应用于视觉定位；深视智能产品主要应用于精密测量与检测；盛相科技专注于检测场景等。部分领先的国内企业，通过提升核心零部件能力，拓展产品线，应用场景持续往高端领域渗透，代表厂商有奥普特、凌云光、大恒图像、海康机器人等。

图 30：主要机器视觉厂商产业链布局情况对比

产品	基恩士	康耐视	凌云光	奥普特	大恒图像	奥比中光	海康机器
光源	有，不独立销售	有，不独立销售	代理 Lumencor REVOX 等产品	有	/	/	有
镜头	有，不独立销售	/	代理 Chiopt 施耐德、KOWA 等产品	有	有	/	有
2D 相机	有，不独立销售	有	有	有	有	/	有
3D 相机	有	有	代理 FLIR、Raytrix GmbH 等产品	有	代理 AT、LMI、 Photoeo 产品	有	有
读码器	有	有	有	有	/	/	有

图像采集卡	/	有，不独立销售	代理 FLIR、特利丹等产品	有	代理特利丹、Silicon Softwre 产品	/	有
视觉软件	有，不独立销售	有	有	有	代理 Photoneo 产品	/	有
智能相机	有	有	/	有	有	/	有
解决方案	有	有	有	有	有	/	有

数据来源：海康机器人、国泰君安证券研究

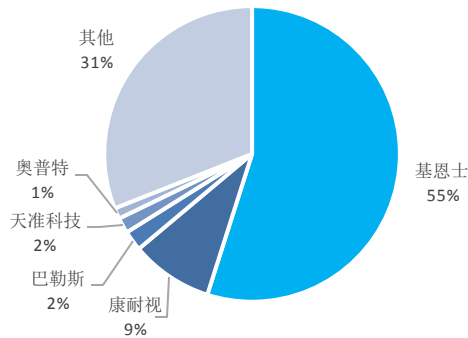
图 31：国内外机器视觉厂商零部件核心技术指标比较

产品	基恩士	康耐视	奥普特	海康机器人
光源	主要为 LED、激光，包含红、蓝、绿、橙、红外、紫外、远红、白光	有，不独立销售	主要为 LED，包含红、绿、蓝、红外、紫外、白光	主要为 LED、激光，包含白、红、蓝、绿、紫外、红外光
镜头	4/3" 超高分辨率低失真镜头，无失真 VPR 远心微距镜头，4/3" 可变倍率远心微距镜头，超小型 CCD 专用镜头	/	远心镜头尺寸 2/3"	远心镜头尺寸 2/3"
2D 相机	线阵/面阵相机； 自研高像素数 CMOS 传感器； 相机可达 6700 万像素； 线阵相机扫描速度 6.1 微秒/行 最小显示单元：0.1 μm	线阵/面阵相机； 最小像元尺寸 3.45 μm*3.45 μm； 线阵相机扫描速度 15 微秒/行	线阵/面阵相机； 最高 1.5 亿像素； 最小像元尺寸 2.5 μm *2.5 μm	线阵/面阵相机； 最高可达 1.01 亿像素； 最小像元尺寸 2.4 μm*2.4 μm
3D 相机	900 万像素 CMOS 元件； 检测间隔 0.6 秒； 8 向投光增加 3D 检测精度 最高重复精度：±0.5 μm 最小显示单元：0.1 μm	可提供 150 万个 3D 数据点； 最高重复精度：±0.5 μm	2000 个有效像素点	检测间隔 1 秒 最高重复精度：±0.06mm
视觉软件	AI 芯片 软件算法包括：自动特征抽出算法、智能学习工具（机器学习算法）、预处理功能； 最高像素精度：2.5 μm	VisionPro Deep Learning 基于 AI 神经网络模型，可缩短训练时间； 2D 定位精度：最高 1/40 像素，一般 1/4 像素； 3D 定位精度：2.5 μm	2D 定位精度 68.19ms/28M 像素	2D 定位精度：1/16、1/4 像素 3D 定位精度：6 μm
解决方案	先进解决方案包括：3D 视觉机械臂分拣、检测 PCB 焊锡形状	各制造业均可运用，包括测量、检测等功能	有	有

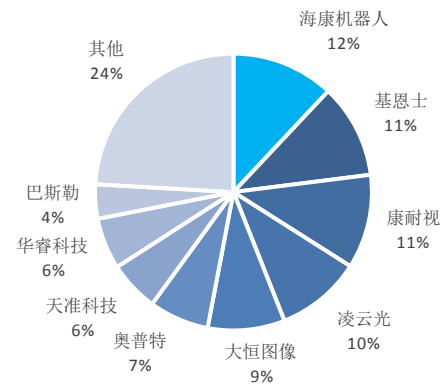
数据来源：各公司官网、国泰君安证券研究

图 32：2021 年全球机器视觉竞争格局

图 33：2021 年中国机器视觉集成商竞争格局



数据来源：前瞻研究院、国泰君安证券研究



数据来源：高工研究院、国泰君安证券研究

3.3 内资初创厂商深耕机器人引导场景，优势明显

国内 3D 工业视觉市场处于发展早期阶段，产业链不成熟，尚未形成稳定的市场格局。国内 3D 视觉企业多为初创企业，国内 3D 视觉企业主要集中在下游设备组装和集成环节，凭借方案的性价比、以深度定制以及服务能力获得客户，但其主要核心零部件（机器人运动算法、应用工艺包，核心 3D 相机）主要为外购。

在引导类应用中，内资初创型厂商以此为主场快速设计方案并落地，占据优势。引导定位分为移动机器人+机器视觉、机械臂+机器视觉两种路线，大部分 3D 视觉厂家集中在配合机械臂进行分拣、上下料等作业上，代表企业有：梅卡曼德、图漾科技、熵智科技、迈德威视、知象光电、埃尔森、海康机器人、迁移科技、如本科技等，产品主要应用于机器人视觉定位。以视觉为主要导航方式的移动机器人目前在国内还较少，主要厂商有：海康机器人、灵动科技、马路创新、蓝芯科技等。GGII 调研数据显示，2022 年中国 3D 工业相机销量超过 5 万台，其中机器人引导类 3D 相机出货量超过 8500 台。

部分优秀企业已经在基于自身核心技术突破的条件下，向其他应用场景拓展。2022 年，梅卡曼德推出面向检测/测量场景的微米级精度工业 3D 相机 Mech-Eye UHP-140，应用于汽车零部件生产和组装等工艺中位置度、间隙、面差等检测/量测类应用；2023 年，海康机器人发布光伏组件汇流带视觉检测解决方案，可满足串 EL 外观检、排版定位、接线盒焊后检测等需求；同年，图漾科技推出面向无序分拣和测量检测等多种场景工业相机 PS800-E1。

图 34：国内主要视觉引导机器人厂商

公司	简介
海康机器人	面向全球的移动机器人、机器视觉产品提供商。
梅卡曼德	已形成包括 Mech-Eye 工业级 3D 相机、Mech-Vision 图形化机器视觉软件、Mech-Viz 机器人智能编程环境等在内的智能机器人基础设施产品线，可应用于无序抓取、高精度定位、装配、工业检测/测量、自动生成轨迹等典型场景。
图漾科技	全球领先的 3D 机器视觉供应商，为工业和行业应用提供高性价比的 3D 工业相机和配套软件方案。满足工业自动化、工业测量、物流科技、商业应用和其他多种场景。
熵智科技	公司的激光结构光 3D 相机产品主要应用于智能机器人引导，线光谱共聚焦 3D 成像系统应用于半导体，超分辨和共聚焦成像系统应用于生命科学。
迈德威视	专注提供各种工业相机类产品的开发服务，是一家纯粹的相机硬件供应商，公司产品系列齐全，核心产品包含面阵相机、线阵相机、热成像相机、智能相机、3D 相机、双目相机模组、定制相机整机、摄像头模组等多条产品线。
知象光电	知象光电拥有自主研发的微结构光投射芯片、成像算法芯片、模组和整机，产品体积小，精度、可靠性高。自研 3D 焊接视觉软件可实现复杂焊缝特征提取、轨迹寻位、工件找正定位等功能，有效解决焊接机器人落地卡脖子问题。

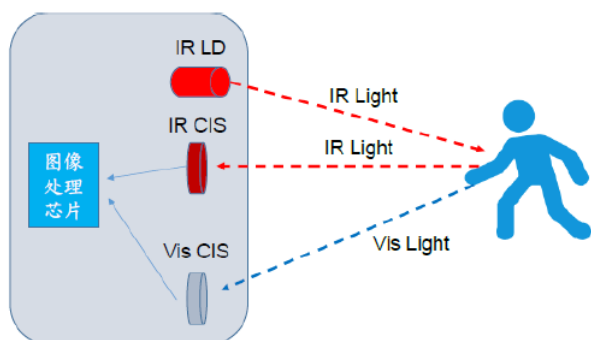
埃尔森	埃尔森为多样化应用场景提供 3D 视觉方案，双目线扫激光 3D 技术应对严酷工作场景，双目面扫光栅 3D 成像技术应用 于高精度成像场景，单线激光 3D 成像技术适合动态定位、测量、检测场景等。
熵智科技	面向工艺类场景，切坡口、焊接、上下料推出流程化解决方案。
迁移科技	专注于 3D 工业相机和 3D 视觉机械臂引导系统，2022 年实现规模化量产。
如本科技	公司的 RVC 3D 工业相机、VDA 视觉位移测量分析系统以及垂直行业手眼工作站等产品，协同打造先进的机器人智能手 眼方案。
蓝芯科技	新一代移动机器人全球引领者和制造业柔性物流解决方案一流提供商，核心技术 LX-MRDVS（蓝芯-移动机器人深度视觉 系统）赋予机器人 3D 视觉感知能力。行业聚焦 3C、新能源（光伏/锂电）、包装，合作客户包括华为、中兴、比亚迪、德 赛、美的、富士康、SHARP、LG 新能源等。
灵动科技	全球领先的视觉导航移动机器人（AMR）企业，第四代移动机器人（视觉 AMR）的开拓者和引领者，亚洲出货量、市占 率第一的“订单到人”方案商，拥有前瞻性的视觉导航 AMR 和全球领先的集群调度系统，以及全球化的销售、服务和运 营能力。灵动科技已为众多世界 500 强头部企业提供服务，包括京东物流、顺丰供应链中国、欧莱雅、TCL、东风乘用车 等，并成为华为严选唯一的机器人合作伙伴。
马路创新	多场景机器人集群方案解决商，深耕人工智能大数据，调度算法，接卸电子等专业技术，聚焦搬运、拣选、分拣、智慧仓 库，智慧工厂等场景。

数据来源：各家企业官网、国泰君安证券研究

4. 3D 视觉核心部件：需努力实现自主可控

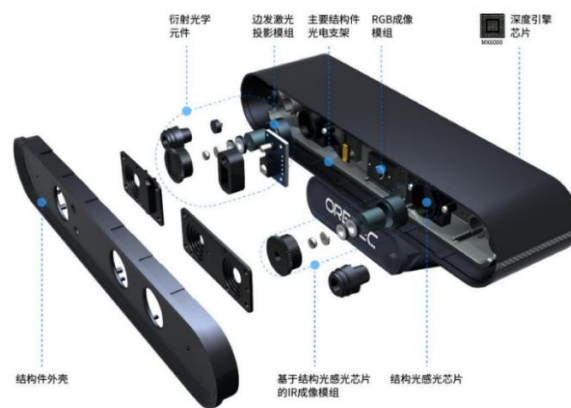
3D 视觉成像方案是在 2D 相机基础上进行的结构及软件重构，相机多作为零部件进行外购。3D 相机由四部分组成：红外光发射器（IR LD 或 Vcsel）、红外光摄像头（IR CIS 或者其他光电二极管）、可见光摄像头（Vis CIS）、图像处理芯片。红外光发射器发射红外光到物体表面，红外光传感器采集物体的深度图像（Z 轴信息），可见光传感器采集物体平面图像（X、Y 轴信息），经过图像处理芯片得到三维位置信息。红外摄像头需要特制的窄带滤色片，结构光方案还需要在发射端添加光学棱镜与光栅，双目立体成像多一颗红外光摄像头。

图 35：3D 视觉原理



数据来源：前瞻研究院

图 36：以奥比中光 Astra 系列为例，产品内部构造特点



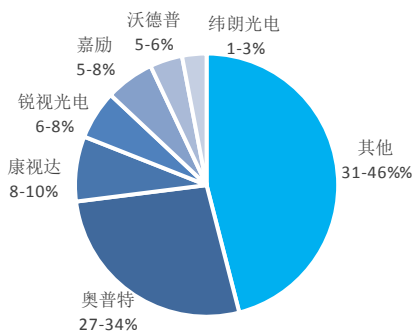
数据来源：奥比中光

4.1 3D 光源：红外激光发射器

2D 光源：竞争激烈，奥普特是国内光源环节最具竞争力的公司之一。机器视觉光源在照度、均匀性和稳定性三个核心指标上有较高的要求，按照类别区分，光源可分为 LED 光源、卤素灯、高频荧光灯、激光光源。全球市场份额大于 5% 的企业有日本 CCS 和奥普特，CCS 全球市场份 10% 以上。第二梯队市场份额位于 1%-5% 之间，代表企业包括美国 Advanced Illumination, Inc、中国锐视光电、中国康视达、

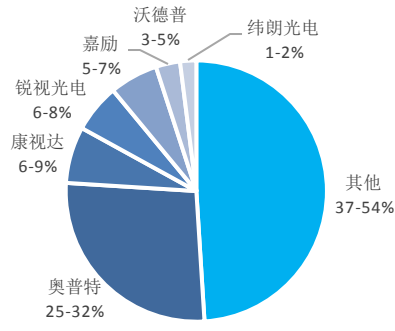
中国嘉励等。第三梯队市场份额不足 1%，代表企业包括日本 Moritex、中国沃德普、中国伟朗光电等。奥普特光源产品覆盖了常见的可见光和不可见光，不可见光产品覆盖波长从 280nm~405nm 的紫外光及 850nm~1500nm 的红外光，共有 38 个系列，近 1000 款标准化产品，光源控制器包括模拟控制器和数字控制器两类，后者可通过 PC 远程控制。目前 CCS 标准光源尺寸厚度最小为 3mm，奥普特各型号光源厚度在 10mm~20mm 之间。

图 37：2022 年中国机器视觉光源（不含控制器）格局



数据来源：前瞻研究院、国泰君安证券研究

图 38：2022 年中国机器视觉光源（含控制器）格局



数据来源：前瞻研究院、国泰君安证券研究

在 3D 相机中，光源是红外激光发射器，其发射图像的质量对整个识别效果至关重要，VCSEL 是近红外光源最佳方案。红外线的主要波长是 700nm~2500nm。目前的摄像头图像传感器对 900nm 以上的红外光感应差，需要更强的光才能检测到，这就要求红外发射器有更大的电流，更多的功耗。而 800nm 以下的波长，太靠近可见光，极易受到太阳光的干扰，所以一般红外的波长选择在 800nm~900nm。可以提供 800-1000nm 波段的近红外光源主要有三种：红外 LED、红外 LD-EEL（边发射激光二极管）和 VCSEL（垂直腔面发射激光器）。早期 3D 传感系统一般都使用 LED 作为红外光源，但由于 LED 不具有谐振器，导致光束更加发散，在耦合性方面也不如 VCSEL，因此演变成了从 LED 向 VCSEL 的转变。

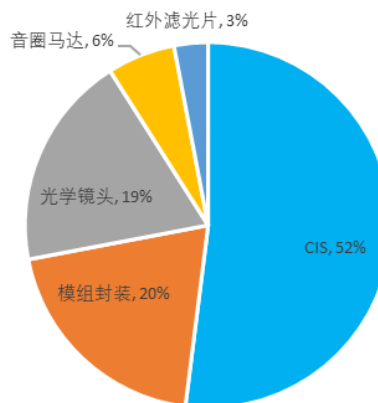
VCSEL 厂商布局众多。全球主要的 VCSEL 供应商包括 Finsar、Lumentum、Princeton Optronics、IIVI、ams 和 Osram 等，它们在移动端 VCSEL 处于前沿的研发角色。国内厂商：武汉光迅、山东太平洋、深圳源国、国星光电、华工科技、光迅科技、三安光电、乾照光电、华灿光电以及睿熙科技等具备中低端 VCSEL 的设计和生产能力，长春光机所在 VCSEL 技术研发方面有一定竞争力。结构光需要采用 pattern 图像进行空间标识，因此需要定制 DOE 衍射光学元件（苹果、奇景光电、福晶科技、驭光科技等）和 WLO 晶圆级光学原件（AMS、奇景光电、采钰、晶方科技等）。

红外传感器是距离传感器的高配版，主要由 AMS/Heptagon 和意法半导体两大厂商主导，国内暂没有企业切入。Heptagon 一直致力于小型化 TOF 传感器开发，2016 年被 AMS 收购。TI 和 infineon 也在这一领域有所布局。

4.2 3D 红外光摄像头

红外光摄像头主要包括：光学镜头、红外窄带干涉滤色片、红外 CMOS 传感器。以手机摄像头成本构成做参考，CIS 是价值量占比最大的部分，模组封装占比 20%，光学镜头占比 19%。

图 39：CIS 是手机摄像头价值量占比最高的环节



数据来源：Counterpoint、国泰君安证券研究

海外品牌垄断工业镜头高端市场，国内厂商开设涉足高端领域。红外摄像头对光学镜头的要求不如可见光摄像头的要求高，对光线的通光量、畸变矫正等指标容忍度高，多采用成熟的普通镜头。可见光摄像头，采用普通镜头模组，用于 2D 彩色图片拍摄。厂商主要有德国施耐德、卡尔蔡司、美国 Navitar、日本 KOWA、CBC Computar、Moritex、意大利 Opto 等，基本垄断国内高端市场领域。卡尔蔡司与 ASML 紧密合作，以光刻镜头技术领先半导体制造，施耐德、Navitar 等主流厂商的工业镜头广泛应用于晶圆切割、精密零部件检测、航空航天、医疗显微等诸多领域。国内工业镜头部分企业已经能够提供全系列的工业镜头，开始涉足高端市场，如：茂莱光学的产品可以满足不同情况下半导体测试的要求，深圳的东正光学的扫线系列应用于华为、BYD、富士康的生产检测中。

图 40：国内外工业光学镜头制造企业

	厂商	地点	业务范围简介
国外	Navitar	美国	平板显示器制造、晶圆切割、MEMS 制造、汽车装配、航空航天等领域
	施耐德	德国	工业镜头应用于新能源电池、显示屏、PCB 检测，物流分拣、农业加工等
	卡尔蔡司	德国	光刻机镜头、飞机制造、增材制造、电动汽车等精密零部件制造、检测以及医疗显微
	Moritex	日本	汽车零部件生产与检测、手机组装、电池检测、医药检测、机械工具与加工零件的检测
	奥林巴斯	日本	奥林巴斯 DSX1000 数码显微镜将光学技术与先进的数字技术融为一体，可用于观察和测量各种样品，包括电子元件和金属材料等。远心光学系统保证了在整个放大范围内的测量准确度
国内	东正光学	深圳	液晶屏检测、电路板检测等领域，扫线系列应用于华为、BYD、富士康的生产检测中
	慕藤光	江苏	晶圆检测、金属检测、包装检测、条码识别、电池检测等
	普密斯	广东	手机尺寸测量、电子元件安装、手表表盘检测、PCB 自动抓取等
	优恩立	福州	系列紧凑型工业镜头
	力鼎光电	厦门	机器视觉镜头广泛应用于工业检测；2. 像面尺寸涵盖 1/1.8"，2/3" 和 1"，焦距涵盖 6mm 至 75mm；3. 畸变 < -2%；4. 可定制加固型抗震及防水方案
	中钊科信	深圳	智能相机是一种小型电脑+光源相机+软件的检测系统，这套系统体积小，应用范围广，附加性强。可在多类设备上加装，通过视觉来进行工艺的监控
	北创光电	广东	工业镜头生产商
	小萤成像	广州	1.1 英寸 20MP 工业镜头，高相对照度及高对比度，成像清晰 低畸变，总体畸变 < 0.5%，最小畸变 < 0.1% 极佳解析力，中心 200LP/mm，周边 160LP/mm 可适配 1 英寸 2000 万和 1.1 英寸 1200 万芯片
	舜宇仪器	宁波	Soptop MS 测量显微镜结合了金相显微镜的高倍观察能力，和影像测量仪的 X、Y、Z 轴表面尺寸测量功能，具备明暗场、微分干涉、偏光等多种观察功能

创思工贸	北京	镜头产品列举：准直扩束镜头、显微物镜、可调焦镜头（采用双螺旋结构）、FA 工业镜头、F-theta 镜头等。可根据客户使用需求，提供光学设计、结构设计及组装服务
茂莱光学	南京	显微镜检测平台在半导体检测等方面具有很大的应用潜力。通过软件可控制设备进行自动拍照，捕捉被测件信息。该设备目前使用了硅片作为被测件，其中真空泵可以调节吸力大小，保证被测片的稳固。可更换被测件和显微镜物镜，以满足不同情况下半导体测试的要求
松林光电	湖北	承接 OEM、ODM 生产，产品领域包括：工业镜头、热成像系统镜头。公司自研红外镜头基于红外热成像原理、具有抗干扰性能好、穿透烟尘、雾霾能力强，可全天工作，具备良好的抗目标隐形的能力等优点，焦距分布 1.7mm~100mm
宇瞳光学	东莞	宇瞳光学目前有 1/1.8"、2/3"、1.1"三个系列的机器视觉镜头产品，焦距覆盖 8mm 至 50mm，全系列产品均具有性能稳定、分辨率高、畸变低等特性，广泛应用于工业自动化领域
凤凰光学	浙江	1.2" 2500 万像素机器视觉镜头，适配各品牌最新 1.2" 摄像机，兼容 1" 和 1.1" 摄像机，2500 万超高分像力满足高端工业视觉需求

数据来源：各公司官网、国泰君安证券研究

图 41：国内外厂商常用工业镜头参数对比

厂商	焦距 (mm)	光圈 F	畸变率	像素精度	变焦方式
施耐德	28	2~16	<1%	/	电动
东正光学	25	2.8~16	0.12%	1.85μm	电动
慕藤光	8	2.8~16	0.11%	2.4μm	手动
普密斯	12-36	2.8~16	0.9%~2.2%	/	手动

数据来源：公司官网、国泰君安证券研究

4.3 窄带滤光片

滤光片在近红外识别系统中以窄带滤光片为主。对于 3D 视觉而言，IR 红外摄像头与 RGB 可见光摄像头在滤色片方面存在较大的差异。传统的 RGB 可见光摄像头，需要采用高通红外滤色片，将不必要的低频近红外光过滤掉，以免红外光线对可见光部分造成影响，产生伪色或波纹，同时可以提高有效分辨率和彩色还原性。但是红外摄像头，为了不受到环境光线的干扰，需要使用窄带滤色片，只允许特定波段的近红外光通过，目前近红外窄带滤色片主要采用干涉原理，需要几十层光学镀膜构成，相比于 RGB 吸收型滤色片具有更高的技术难度和产品价格。

全球范围内窄带滤光片主要厂商：美国的 Viavi、水晶光电。其他厂商还有布勒莱宝光学（Buhler）、美题隆精密光学（Materion）、波长科技（Wavelength）等。

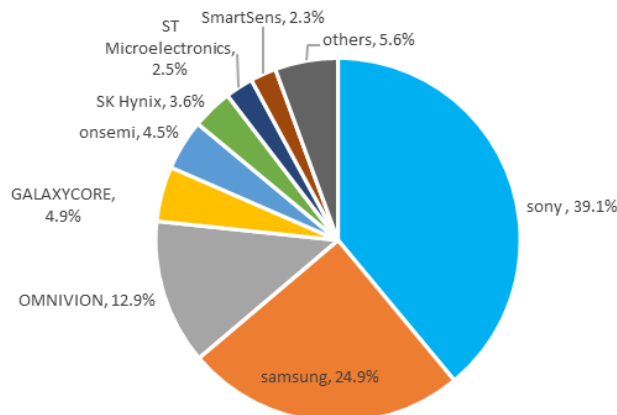
4.4 CMOS 图像传感器

CMOS 图像传感器，索尼三星销售额占全球市场 55%，格科微全球出货量第一。

从硬件构成来看，2D 工业相机主要由图像传感器、驱动器、时序发生器以及传输接口组成。长期以来，智能手机保持 CMOS 需求量的第一位，而随着智能驾驶技术的不断升级，汽车成为增速最快需求端应用。索尼以自主开发的堆栈式 CMOS 传感器等技术领先于全球厂商，下游覆盖手机、汽车、智能制造、安防物流等多应用领域；三星在 3C 电子、汽车领域紧跟其后，国内格科微、豪威等厂商主要布局手机等领域的中低端产品。索尼、三星在全球市场份额占比长期领先全行业，2022 年总和达到全球 55%。国产厂商格科微 CMOS 出货量已经超过索尼，2021 年出货

22 亿颗，连续三年位列全球第一，其产品更多聚焦于低端领域，因此销售额距索尼仍有较大差距。韦尔股份因收购豪威，销售额排在全球前列，国内厂商还有、比亚迪微电子、锐芯微、思比科微、长光辰芯等。

图 42：2022 年 CMOS 传感器全球市场份额



数据来源：Counterpoint、国泰君安证券研究

3D 图像处理芯片技术壁垒高，目前全球范围内少数几家芯片巨头可以提供该类产品，包括意法半导体、德州仪器、英飞凌等。3D 图像处理芯片需要将红外光 CIS 采集的位置信息与可见光 CIS 采集的物体平面信息处理成单像素含有深度信息的三维图像,完成 3D 建模,数据处理的计算复杂度高于一半 ISP 图像处理芯片,壁垒较高。

图 43：主要厂商智能手机 CMOS 产品性能对比

	索尼	三星	格科微	思特微
像素精度 (μm)	0.6~0.8	0.56~1.4	0.7~2.5	0.7~2.24
分辨率 (百万)	50~53	32.2~200	0.3~50	QVGA~52
灵敏度/信噪比	高	高	一般	一般
动态范围	宽	宽	一般	一般
帧速率 (帧/秒)	120	60~480	15~60	15~6-

数据来源：公司官网、国泰君安证券研究

5. AI 赋能机器视觉，提升具体场景分析能力，拓宽应用场景

5.1 视觉软件开发模式：软件平台+视觉包

机器视觉软件的开发模式为软件平台+视觉包的模式,针对不同的工艺场景,持续开发迭代工艺包。机器视觉软件的具体衡量指标主要包括定位算法模块数量、算法性能、软件灵活性和易用性。

图 44：机器视觉开发模式“软件平台+视觉包”

软件平台	简介
VC	最通用，功能最强大。用户多，和 windows 搭配，运行性能较好，可以自己写算法，也可以用工具包，而且基本上工具包都支持 VC 的开发。

C#	比较容易上手，特别是完成界面等功能比用 VC+MFC 难度低了很多，已经逐渐成为流行的使用平台了，算法在调用标准的库或者使用 C#+C++混合编程
labview	NI 的工具图形化开发平台，开发软件快，特别是做工控行业或者自动化测试行业的很多工程师，由于使用 labview 进行测试测量的广泛性，所以都有 labview 的基础，再调用 NI 的 Vision 图像工具包开发，开发周期短，维护较为容易
VB、delphi	用的人越来越少了
开发包	简介
halcon	出自德国 MVTech。底层的功能算法很多，运算性能快，用其开发需要一定软件功底和图像处理理论
VisionPro	康耐视的图像处理工具包，性能大多数算法性能都很好
NI Vision	NI 的特点是自动化测试大多数需要的软硬件都有解决方案，优点是软件图形化编程，上手快，开发周期快。视觉工具包的优势是售价比大多数工具包或者算法便宜不少，且整个工具包一个价格，而不是一个算法一个算法计价。
MIL	加拿大 maxtrox 的产品，是 Matrox Imaging Library 的简写。早期推广和普及程度不错，当前似乎主要用户还是早期的做激光设备的一些用户在用，所以用于定位的较多。
CK Vision	创科公司的软件包，相对前面几个工具包来说价格优势比较明显，机器视觉需要的基本功能也都有，所以在国内自动化设备特别是批量设备同时需要保护版权的企业而言，用量很大，推广也不错
迈斯肯	迈斯肯的视觉主要产品是条码阅读一类
OpenCV	openCV 更多用在计算机视觉领域，在机器视觉领域不多

数据来源：各公司官网、国泰君安证券研究

基恩士视觉软件 XG-X VisionEditor 算法精度与操作 xing2 领先，支持的 3D 精度最高可达 2.5μm。国内软件算法正在努力追赶，积累众多垂直领域算法，海康自研视觉软件 VisionMaster 算法工具包超过 170 个，奥普特、凌云光机器视觉算法平台 VisonWARE，已包含 100+算法工具包，支持的 3D 精度为 6μm。

图 45：各公司视觉软件对比，基恩士 3D 精度最高

公司	名称	软件名称	软件技术			
			3D 定位最高			
			算法工具数量	精度	耗时	易用性
基恩士		VisionEditor	-	2.5 μm	0.6s	高
康耐视		VisionPro	100+工具	2.5 μm	-	一般
海康威视		VisionMaster	170+	6 μm	0.3s	高
奥普特		SciVision	100+工具	-	-	一般
凌云光		VisionWare	100+工具	6 μm	0.3s	一般
图漾科技		Robot Vision Suite	支持 docker 部署和一键脚本安装的安装方式，提供适应主流平台的全套安装包及操作文档，最大限度降低操作难度，包含 130 多个视觉算子单元、50 多个软件功能包。			
梅卡曼德		Mech-DLK	Mech-DLK 内置快速定位、目标检测、缺陷分割、实例分割、图像分类五大深度学习算法，功能更丰富，易用性更强。支持集成商伙伴“端到端”地完成高精度深度学习模型训练。			

数据来源：海康机器人招股说明书、基恩士、国泰君安证券研究

5.2 3D 视觉和 AI 技术的应用，提升对具体场景分析的能力

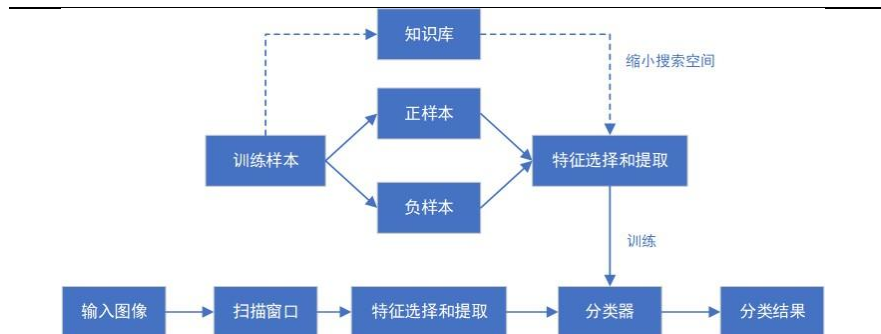
视觉识别流程分为两条路线：训练模型和识别图像。

a.训练模型：样本数据包括正样本（包含待检目标的样本）和负样本（不包含目标的样本），视觉系统利用算法对原始样本进行特征的选择和提取训练出分类器（模型）；此外因为样本数据成千上万、提取出来的特征更是翻番，所以一般为了缩短训练的过程，会人为加入知识库（提前告诉计算机一些规则），或者引入限制条件来缩小搜索空间。

b.识别图像：先对图像进行信号变换、降噪等预处理，再来利用分类器对输入图像进行目标检测。一般检测过程为用一个扫描子窗口在待检测的图像中不断的移位滑动，子窗口每到一个位置就会计算出该区域的特征，然后用训练好的分类器对该特征进行筛选，判断该区域是否为目标。

目前世界上图像识别最大的数据库是斯坦福大学人工智能实验室提供的 ImageNet，针对诸如医疗等细分领域也需要收集相应的训练数据；Google、Microsoft 面向市场提供开源算法框架，为初创视觉识别公司提供初级算法。

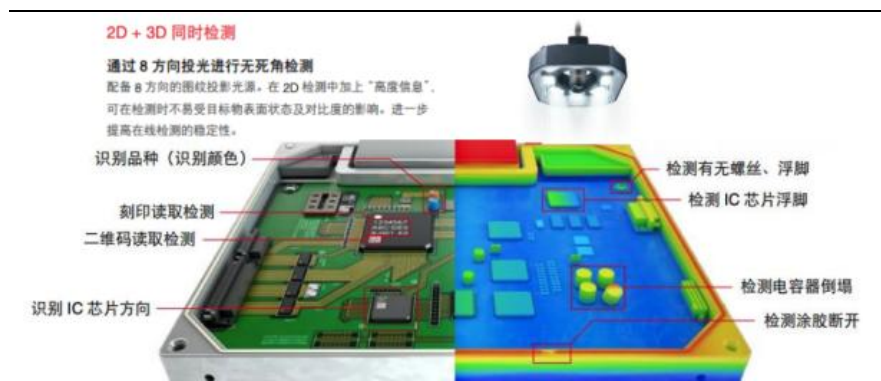
图 46：计算机视觉识别流程分为两条路线：训练模型和识别图像



数据来源：图灵人工智能、国泰君安证券研究

目前工业机器视觉系统主要采用的是基于规则学习的思路。以缺陷检测为例，首先需要人去总结缺陷的类型，提取出判断各类缺陷的特征，再通过大量的含特征的样本训练使得计算机能够区分这些特征从而判断是否存在缺陷。但在检测场景变得复杂时，基于规则学习的思路便无法较好满足要求。基于深度学习的机器视觉，不但可以判断缺陷，还可以理解缺陷的共同特征，预测新的缺陷类型，从而实现对于更复杂场景的更优分析。深度学习技术的应用会对计算能力和储存能力提出更高要求。

图 47：3D 视觉的缺陷检测



数据来源：奥比中光官网

5.3 结合大模型实现降本增效，推动更广泛的商业化落地

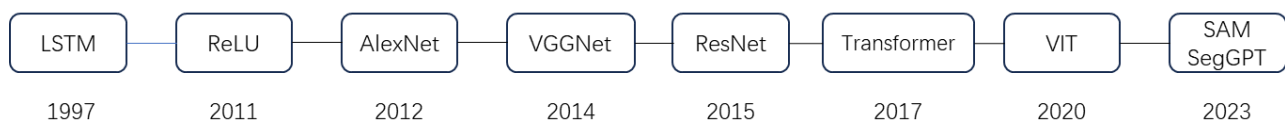
视觉大模型技术突破，赋能机器视觉的革新与突破。过去的工业机器视觉系统主要针对垂直场景的少量数据进行小模型的训练。由于模型参数量有限，因此模型能够处理的问题的复杂程度受到限制。在这一训练模式下，想要针对新的场景进行工业机器视觉的应用，需要更大量的相关场景数据以及对模型进行重新训练，带来了更高的应用推广成本，不利于广泛的商业化落地。视觉大模型赋能机器视觉产业变革主要体现在两方面：a.数据成本、训练成本高的场景将有望实现降本增效。大模型在广泛下游场景中具备优异能力，因而有望大幅降低定制化开发产品的成本，带来机器视觉产品毛利率的提升和应用场景拓展的加速。B.因样本数量不足而机器视觉难

以应用的场景将得以拓展。受益于大模型在零样本或者少量样本上的优秀表现，机器视觉将在这些领域得以拓展，比如从代码驱动变为视觉驱动的机器人领域、流程工业场景等。

从卷积神经网络到 SAM、SegGPT 通用视觉大模型，AI 助力机器视觉提升效率。

2012 年 Alex 等人提出 AlexNet 卷积神经网络后，业界不断改进卷积神经网络算法来处理计算机视觉任务，广泛应用在边缘检测（Sobel）、特征提取（SIFT）、图像分割等领域，解决了传统 2D 算法误差率高（15%以上）、难以叠包分拣、分拣速度低等问题，但仍然存在训练数据量过大、无法处理时序数据、容易过度拟合等影响计算精度的问题。产业界逐渐提出全卷积神经网络算法、基于编码器-解码器概念（Encoder-Decoder）的 Transformer、ViT 等模型，从像素分割层提升算法精度。2023 年 4 月 Meta 和智源分别发布通用图像分割模型 Segment Anything Model(SAM)和 SegGPT，增加交互性和示例的自动推理学习，大大提升监督模型的效果。

图 48：从卷积神经网络到 SAM、SegGPT 通用视觉大模型，AI 助力机器视觉提升效率



数据来源：Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition、国泰君安证券研究

产业内提出弱监督学习算法降低成本。全卷积神经网络算法、编码器-解码器概念两种深度学习算法都为全监督模型，在训练阶段需要的像素级精确标注的图像制作困难、难以大批量获取，推广至各工业场景应用前期成本较高。对此，将简单的标注作为监督信息加入到原有模型进行计算，将结果与标注进行对比，并将以上环节重复迭代直到准确率收敛。弱监督算法主要基于边框级、涂鸦级、图像级标注这三类弱标注素材进行训练，弱标注将大大降低前期训练成本。

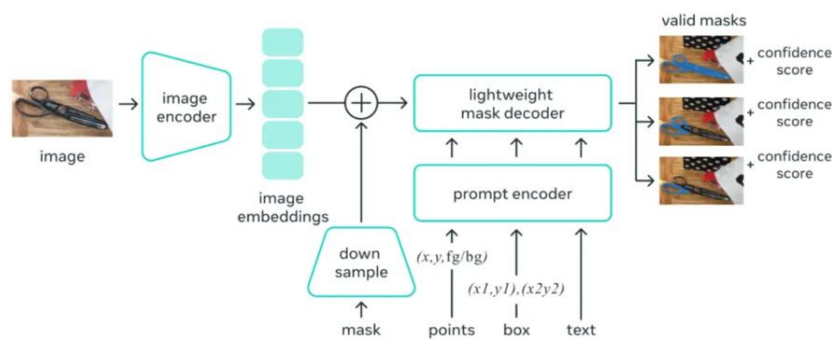
图 49：不同深度学习算法的优劣势

测量方法	优势	不足
全卷积神经网络算法	该算法通过卷积计算，保留了图像的二维信息，使机器得以学习像素到像素的映射，实现了像素输入、像素输出	该算法采用对更浅卷积层进行反卷积的操作提升细节，但仍存在精度不够、像素分割缺乏空间一致性的问题，需要超大规模数据集进行训练，算法成本高
编码器-解码器概念 (Encoder-Decoder)	该算法利用卷积、池化等操作构成的编码器来捕捉像素位置信息和图像特征，并利用反卷积等操作构成的解码器解析并还原图像空间维度和像素位置信息	在训练阶段需要的像素级精确标注的图像制作困难、难以大批量获取，需要超大规模数据集进行训练，推广至各工业场景应用前期成本较高
Transformer 模型	在 NLP 领域如机器翻译和文本生成取得了很大成功	需要超大规模数据集进行训练，推广至各工业场景应用前期成本较高
Vision Transformer 模型	效率优于以往的卷积神经网络	需要超大规模数据集进行训练，推广至各工业场景应用前期成本较高

数据来源：《3D 技术在机器视觉检测中的应用》，国泰君安证券研究

SAM 和 SegGPT 大模型助力图像分割精确度提升。2023 年 4 月 Meta 和智源分别发布通用图像分割模型 Segment Anything Model 和 SegGPT，两种整体架构采用的是编码器-解码器结构。SegGPT 基于 ViT 架构，将不同分割任务统一到通用的上下文学习框架中进行训练，只需提供示例即可自动推理、完成分割任务。AM 将提示 (prompt) 引入到模型中，增加了用户的交互性，在接受数百万张图像和超过 10 亿个掩码的训练后，可根据交互提示返回有效的分割掩码。SAM 大模型在切割任务的不同具体场景中展现出了强大的泛化能力，在零样本和少量样本的基础上就能非常优秀的完成不同的切割任务；SAM 模型还具备高精度自动标注能力，降低数据标注成本。SAM 在广泛的图像处理应用中的巨大潜力，例如医疗成像、视频、数据注释、3D 重建、机器人、视频文本定位、图像字幕、多模态视觉和开放词汇交互分割等。

图 50 : SAM 模型展示



数据来源：Meta

风险提示

- 1) 经济复苏低于预期；
- 2) 出现相似技术；
- 3) 产业化应用速度低于预期；

本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格

分析师声明

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

本报告仅供国泰君安证券股份有限公司（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本公司的当然客户。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告。

本报告的信息来源于已公开的资料，本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可升可跌。过往表现不应作为日后的表现依据。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。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

本公司利用信息隔离墙控制内部一个或多个领域、部门或关联机构之间的信息流动。因此，投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的情况下，本公司的员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“国泰君安证券研究”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息或进而交易本报告中提及的证券。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投

资建议，本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

国泰君安证券研究

	上海	深圳	北京
地址	上海市静安区新闻路 669 号博华广场 20 层	深圳市福田区益田路 6003 号荣超商务中心 B 栋 27 层	北京市西城区金融大街甲 9 号 金融街中心南楼 18 层
邮编	200041	518026	100032
电话	(021) 38676666	(0755) 23976888	(010) 83939888
E-mail :	gtjaresearch@gtjas.com		