

 高工咨询

 高工机器人

2023 THE BLUE BOOK OF MACHINE VISION INDUSTRY

机器视觉产业发展蓝皮书

参
编
单
位


MECH MIND


康士达科技

知象光电
REVOPOINT


奥比中光
ORBEC

版权声明

本蓝皮书版权为高工咨询（GGII）所有，相关咨询服务由高工咨询（GGII）提供。

高工咨询(GGII)和所有参编企业对本报告拥有共同著作权。报告有偿提供给限定企业，应限于企业内部使用，仅供企业在分析研究过程中参考。如企业引用报告内容进行对外使用，所产生的误解和诉讼由企业自行负责，本公司不承担责任。

如将来用作商业或其他用途，未经本公司同意，不得以任何异于本报告原样之装订或包装形式将本报告出借、转售、出租或在网上发布。凡使用本报告者均受本条款及本报告一切有关版权之条款约束。

GGII

序言

2016 年，AI 人工智能算法的发展为机器视觉装上了新的加速“引擎”，此后，以深度学习为代表的人工智能技术开始越来越多的在机器视觉领域发挥价值。同时，越来越多的国内 3D 视觉厂商相继成立，众多资本开始进入该赛道。

2020 年后，全球机器视觉行业正式由硬件和场景驱动阶段正式进入算法驱动的时代。随着终端应用场景复杂化、测试标准提升，行业对软件平台的运行效率、完善度、精准度等都提出更高的要求。

机器视觉算法经历了基于规则、统计之后，识别效果已经很难再有较大的提升，深度学习的出现大大提升了机器识别算法的识别精度和物体覆盖广度。

2023 年，ChatGPT 横空出世，AI 再次迎来发展热潮。ChatGPT 背后的大模型开始引关注，大模型可以被看作是深度学习技术的一种进化和扩展，通过预训练加微调的方式，大规模预训练模型在处理大规模数据和多个任务方面具有较强的能力，成为了当前 AI 领域的一个重要研究方向。同时大模型的发展也为机器视觉+AI 的落地应用提供了更多可能性和想象力。

从机器视觉产业链看，自下而上的国产化替代开始提速，从视觉应用集成到相机、光源、镜头、工控机、软件再到图像传感器、视觉芯片等环节，国产化进程不断深入。从数据上看，2022 年中国市场机器视觉各大核心部件的国产化份额均已超过 70%，其中光源国产化率超过 90%，镜头国产化率 80%左右，2D 相机国产化率超过 70%，3D 相机国产化率超过 60%，视觉软件国产化率超过 40%。2022 年中国 3D 视觉市场增速接近 60%，众多国产厂商开始崭露头角，预计未来 5 年将会是机器视觉行业发展的关键“卡位期”，期间在各细分领域有望有更多的头部企业脱颖而出。

本蓝皮书在 2022 年版本的基础上对视觉产业链、机器视觉细分产品竞争格局、3D 视觉应用、视觉技术趋势等内容做了深化和细化，同时对机器视觉的应用现状、应用场景和应用趋势进行分析，其中也展示了较多 3D 视觉和工控机相关的应用场景和案例，旨在厘清机器视觉的发展脉络，帮助机器视觉相关企业及投资机构更好的了解当前机器视觉行业的最新态势，把握市场机会，做出正确经营决策。

特别说明：本报告中的大量市场及技术资料，仅供企业经营参考用，望企业不要用于其他商业用途，由此产生的一切后果高工咨询（GGII）将不予承担！

短中期来看，全球宏观经济依然承压，外部环境不确定性和复杂性加剧，高工咨询（GGII）

和所有参编企业真诚地祝福每一家志向远大的企业都能制定出高质量经营决策,不断获得新的成长和成功!

特别感谢以下联合参编单位(排名不分先后):

梅卡曼德(北京)机器人科技有限公司
深圳市康士达科技有限公司
西安知象光电科技有限公司
奥比中光科技集团股份有限公司

GGH

目录

第一部分 基础篇	9
第一章 机器视觉概况	9
第一节 产品概述.....	9
第二节 机器视觉发展历程.....	9
第三节 机器视觉产业链分析.....	11
第二部分 市场篇	14
第二章 机器视觉市场概况分析	14
第一节 机器视觉市场发展分析.....	14
第二节 机器视觉产业链市场发展分析.....	16
第三节 机器视觉市场格局分析.....	24
第三部分 资本篇	31
第三章 机器视觉行业融资态势分析.....	31
第一节 行业融资态势.....	31
第二节 主要投融资机构代表.....	34
第四部分 技术篇	36
第四章 技术发展分析	36
第一节 2D 视觉技术	36
第二节 3D 视觉技术	38
第三节 机器视觉软件技术分析.....	46
第四节 机器视觉技术专利申请情况分析.....	48
第五节 机器视觉技术发展趋势分析.....	50
第五部分 应用篇	55
第五章 机器视觉产业化应用之路.....	55
第一节 细分场景应用需求分析.....	55
第二节 下游各行业需求分析.....	57
第六部分 前景篇	59
第六章 机器视觉发展展望	59
第一节 企业数量.....	59

第二节 行业应用.....	60
第三节 内外资竞争.....	61
第七部分 企业篇	62
第七章 蓝皮书参编单位介绍	62
第一节 梅卡曼德.....	62
第二节 康士达.....	78
第三节 知象光电.....	84
第四节 奥比中光.....	91
第八部分 案例篇	98
第八章 机器视觉典型应用案例	98
第一节 3C 行业.....	98
第二节 汽车行业.....	101
第三节 金属焊接行业.....	106
第四节 服务&移动机器人行业.....	109
第五节 工业机器人行业.....	111
第六节 其他行业.....	114

图表目录

图表 1	机器视觉发展历程.....	11
图表 2	机器视觉产业链图.....	12
图表 3	机器视觉系统构成图.....	13
图表 4	2016-2027 年中国机器视觉市场规模及预测（单位：亿元，%）.....	14
图表 5	2021-2022 中国机器视觉市场内外资品牌格局（按规模，单位：亿元）.....	15
图表 6	中国机器视觉系统成本结构（单位：%）.....	16
图表 7	中国机器视觉上游部件发展概况.....	16
图表 8	2016-2027 年中国 2D 工业相机市场规模及预测（单位：亿元，%）.....	18
图表 9	2016-2027 年中国 3D 工业相机市场规模及预测（单位：亿元，%）.....	19
图表 10	智能相机与基于 PC 的机器视觉产品对比.....	20
图表 11	2016-2027 年中国工业智能相机市场规模及预测（单位：亿元，%）.....	21
图表 12	2016-2027 年中国视觉工控机市场规模及预测（单位：亿元，%）.....	22
图表 13	2016-2027 年中国机器视觉软件市场需求及预测（单位：亿元，%）.....	23
图表 14	2021-2022 中国市场 2D 工业相机内外资格局（按规模）.....	24
图表 15	2022 年中国机器视觉 2D 工业相机市场竞争格局（按出货量，单位：万台/套）.....	25
图表 16	2017-2026 年中国公共服务机器人产量及预测（单位：万台，%）.....	26
图表 17	2017-2026 年中国公共服务机器人传感器需求量及预测（单位：万台，%）.....	26
图表 18	2022 年中国公共服务机器人领域 3D 视觉传感器竞争格局（单位：台，%）.....	27
图表 19	3D 工业视觉主要应用场景.....	28
图表 20	2022 年中国机器视觉 3D 引导类相机竞争格局（按出货量，单位：台/套）.....	29
图表 21	2022 年中国机器视觉 3D 检测类相机竞争格局（按出货量，单位：台/套）.....	30
图表 22	2016-2022 年中国机器视觉相关企业投融资情况.....	31
图表 23	2022 年中国机器视觉融资分布（按数量）.....	31
图表 24	2022 年中国机器视觉相关企业投融资情况.....	32
图表 25	中国机器视觉领域主要投资机构代表.....	34
图表 26	CCD 相机&CMOS 相机各类指标对比.....	36
图表 27	面阵相机&线阵相机对比.....	37

图表 28	双目立体视觉工作原理示意图.....	39
图表 29	结构光视觉工作原理示意图.....	39
图表 30	动态结构光和静态结构光特性比较.....	40
图表 31	线激光 3D 相机工作原理示意图.....	41
图表 32	TOF 视觉工作原理示意图	42
图表 33	白光干涉技术工作原理.....	44
图表 34	光谱共焦技术工作原理.....	45
图表 35	3D 图像处理技术性能对比	45
图表 36	常用视觉软件一览表.....	47
图表 37	2011-2022 年中国机器视觉相关专利申请情况（单位：件，%）	49
图表 38	2011-2022 年中国 2D 视觉相关专利申请情况（单位：件，%）	49
图表 39	2011-2022 年中国 3D 视觉相关专利申请情况（单位：件，%）	50
图表 40	机器视觉的技术底座及机器人行业应用.....	53
图表 41	机器视觉硬件方案变化趋势.....	53
图表 42	机器视觉软件方案变化趋势.....	54
图表 43	机器视觉主要应用场景描述.....	55
图表 44	2022 年中国机器视觉细分场景应用分布情况（单位：%）	56
图表 45	2021-2022 年中国机器视觉细分应用市场份额占比（单位：%）	57
图表 46	2021-2022 年中国市场下游细分行业机器视觉需求增速	58
图表 47	2012-2022 年中国机器视觉行业企业数量及增长情况（单位：家，%）	59
图表 48	2016-2022 年中国机器视觉主要下游应用行业分布变化情况（单位：亿元）	60

第一部分 基础篇

第一章 机器视觉概况

第一节 产品概述

根据美国制造工程师协会机器视觉分会与美国机器人工业协会的定义:机器视觉是基于软件与硬件的组合,通过光学装置和非接触式的传感器自动地接受一个真实物体的图像,并利用软件算法处理图像以获得所需信息或用于控制机器人运动的装置。

机器视觉可以赋予机器人及自动化设备获取外界信息并认知处理的能力。机器视觉系统内包含光学成像系统,可以作为自动化设备的视觉器官实现信息的输入,并借助视觉控制器代替人脑实现信息的处理与输出。从而实现赋予自动化设备看与处理的能力,替代人眼完成生产制造中的识别、测量、定位以及检测等工作。

随着我国产业智能化升级的不断深入,机器视觉技术也广泛地应用于工业、农业、医疗、教育、军事、交通运输、安防等各个行业中,机器视觉也成为推动我国建设现代化强国,实现产业智能化升级的重要技术之一。

第二节 机器视觉发展历程

一、机器视觉行业发展历史

自起步发展至今,机器视觉已经有 70 多年的历史,其功能以及应用范围随着工业自动化的发展逐渐完善和推广。

20 世纪 50 年代, Gilbson 提出了“光流”理论,并基于该理论开发了逐像素计算光流的数学模型。

20 世纪 60 年代,首次提出机器视觉的概念,同时, Roberts 提出从 2D 视图中提取 3D 信息的可能性,开始进行三维机器视觉的研究。

20 世纪 70 年代,首次提出完整的视觉理论,MIT 人工智能实验室正式开设“机器视觉”课程,研究人员开始研究边缘检测和分割技术。1978 年, David Marr 创建了一种通过计算机视觉进行场景理解的方法,这种方法从 2D 草图开始,计算机可在 2D 草图的基础上构建以获得最终的 3D 图像。

20 世纪 80 年代至 21 世纪初,机器视觉行业进入高速发展期,基恩士、康耐视、欧姆龙、DALSA 等视觉公司相继成立,这一阶段涌现了大量新技术、新理论,并开发了适用于实

验室和部分工业场景的第一代图像处理产品和简易的图像处理软件库，机器视觉开始走向市场化。在这一时期，光学字符识别(OCR)系统最初用于各种工业应用，用于读取和验证字母、符号和数字。

21 世纪至今，机器视觉行业仍处于高速发展的阶段，逐渐走向成熟的同时朝多元化发展。目前，机器视觉仍然是一个非常活跃的研究领域，与之相关的学科涉及：图像处理、计算机图形学、模式识别、人工智能、人工神经网络等。

二、中国机器视觉行业发展史

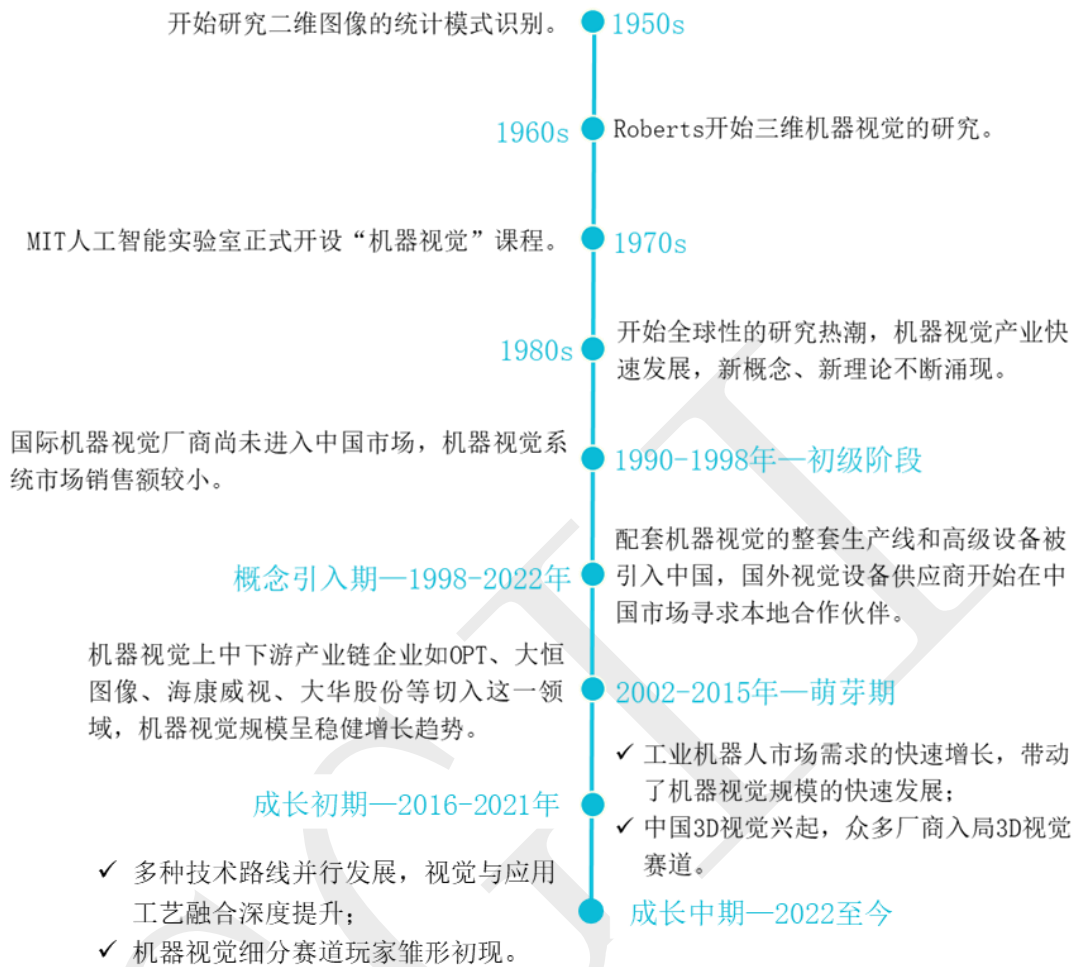
20 世纪 80 年代至 90 年代中期，定义为机器视觉初级阶段，从引入机器视觉技术（主要应用于半导体和电子行业）到大学和研究所研发（研究图像处理和模式识别）。

20 世纪 90 年代后期，即 1998-1999 年，定义为机器视觉市场期。自从 1998 年，越来越多的电子和半导体工厂，包括香港和台湾投资的工厂，落户广东和上海，这时，配套机器视觉的整套生产线和高级设备被引入中国；在此阶段，许多著名视觉设备供应商，开始接触中国市场寻求本地合作伙伴，但几乎没有符合要求的本地合作商。

21 世纪初期至 10 年代中期，即 2000-2015 年，定义为机器视觉萌芽期，OPT、大恒图像等上中下游产业链企业逐步增加并完善，机器视觉规模呈持续增长趋势。

21 世纪 10 年代后期至今，即 2016 年至今，定义为机器视觉快速成长期，机器视觉规模随着中国制造和工业机器人市场的增长而得到快速发展。同时，国内机器视觉的创业公司数量快速增长，3D 视觉亦开始被关注并进入快速发展期。

图表 1 机器视觉发展历程



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第三节 机器视觉产业链分析

一、机器视觉产业链结构

机器视觉产业链成熟且复杂，其上游包含光源、工业镜头、视觉芯片、工业相机、图像采集卡、视觉控制器等核心硬件，以及软件算法、AI 平台等软件。

产业中游包括基于视觉应用软件的应用系统，如检测、测量、定位、识别系统以及定位引导系统等，此外，中游领域还包括各类视觉设备。视觉应用系统由光源、镜头、相机构成的成像单元以及软件算法、控制器构成的处理单元组成，具备完整的图像采集、处理、传输等功能，可以根据实际应用场景灵活调整零部件以及算法软件，以实现各类复杂应用。

产业链下游主要为各行业的产线综合解决方案供应商终端行业，机器视觉终端下游行业

主要为 3C 电子、汽车与零部件、新能源、半导体、医疗制药等。

图表 2 机器视觉产业链图



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

二、机器视觉系统构成

典型的机器视觉系统包含：图像采集部分、图像处理部分和运动控制部分。

基于 PC 的视觉系统包含如下几个部分：

(1) 光源——作为辅助成像器件，对成像质量的好坏往往能起到至关重要的作用，光源在成像单元中主要负责照亮目标物体并突出可视化特征，可以根据场景需求设计成各种形状、尺寸、颜色以及照射角度。目前常用的光源主要有：LED 光源、高频荧光灯、光纤卤素灯、氙灯以及激光等，其中，LED 光源最为常用。

(2) 工业镜头——成像器件，通常与工业相机结合使用，主要功能为实现光束的变换，在机器视觉系统中，镜头可以将成像目标映射在图像传感器的光敏面上，实现外部信息的获取。工业镜头作为成像器件，其质量与性能的优劣对于获取的外部图像质量有着决定性的作用。

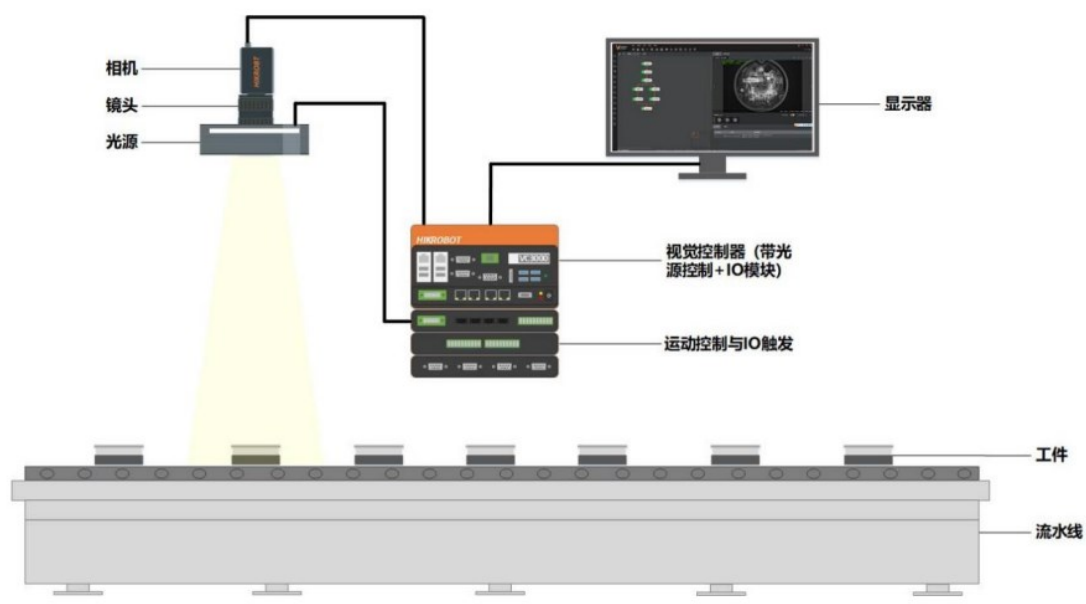
(3) 工业相机——成像器件，通常的视觉系统都是由一套或者多套的成像系统组成，如果有多路相机，可以由图像卡切换来获取图像数据，也可能由同步控制同时获取多相机通道的数据。常见的工业相机主要为基于 CCD 芯片的或 CMOS 芯片的相机，与消费级相机相比，工业相机主要应用于环境复杂程度高，对精度、稳定性要求更高的工业场景，需要工业相机具备更高的稳定性、抗干扰能力以传输能力。

(4) 图像采集卡——通常以插入卡的形式安装在 PC 中，图像采集卡的主要工作是把相机输出的图像输送给电脑主机。它将来自相机的模拟或数字信号转换成一定格式的图像数据流，同时它可以控制相机的一些参数，比如触发信号，曝光/积分时间，快门速度等。

(5) 工业计算机——是一个 PC 式视觉系统的核心，在这里完成视觉处理软件对图像数据的处理和绝大部分的控制逻辑，对于检测类型的应用，通常都需要较高频率的 CPU，这样可以减少处理的时间。同时，为了减少工业现场电磁、振动、灰尘、温度等的干扰，必须选择工业级的电脑。

(6) 控制机构，即控制单元（包含 I/O、运动控制、电平转化单元等）——一旦视觉软件完成图像分析（除非仅用于监控），紧接着需要和外部单元进行通信以完成对生产过程的控制。简单的控制可以直接利用部分图像采集卡自带的 I/O，相对复杂的逻辑/运动控制则必须依靠附加可编程逻辑控制单元/运动控制卡来实现必要的动作。

图表 3 机器视觉系统构成图



资料来源：海康机器人招股说明书，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第二部分 市场篇

第二章 机器视觉市场概况分析

第一节 机器视觉市场发展分析

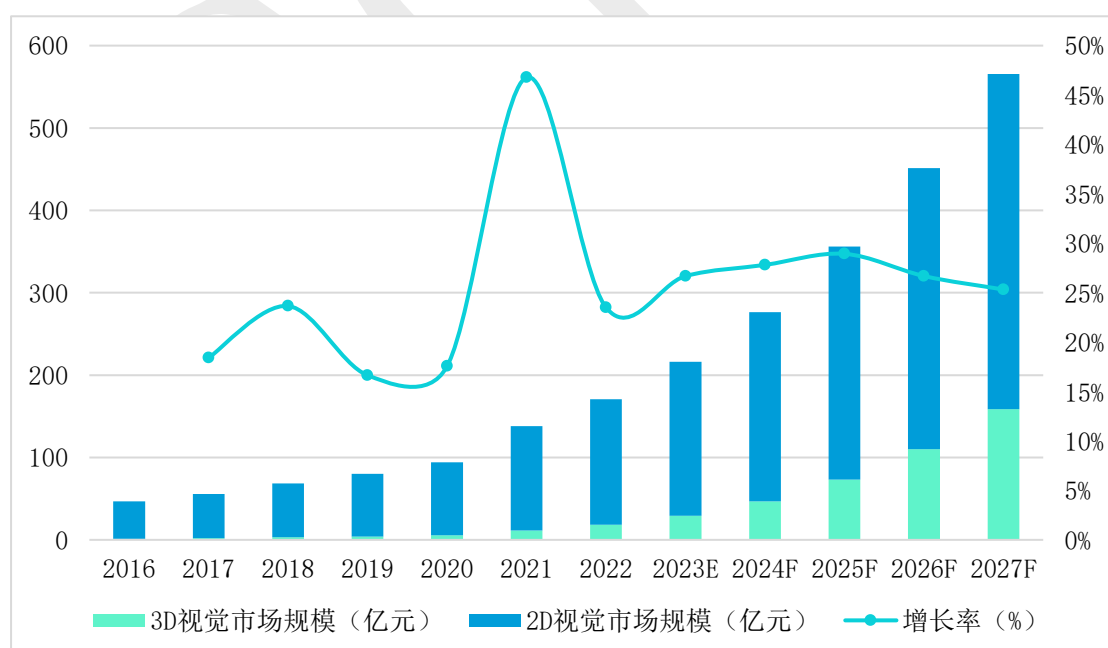
一、市场规模

随着工业自动化技术不断走向成熟，对于物体检测、增强分析、监控容差和准确的组件测量等能力要求也逐渐提升，越来越多的制造企业开始导入机器视觉系统，用于实现生产过程中检查、测量和自动识别等功能的优化。

2022年，区域性疫情影响下，视觉企业面临供应链管理、产品交付、订单获取等方面的压力，叠加以芯片为主的核心零部件价格高居不下，导致上半年机器视觉市场发展遭遇较大阻力，市场增速放缓明显。

GGII 数据显示，2022 年中国机器视觉市场规模 170.65 亿元（该数据未包含自动化集成设备规模），同比增长 23.51%。其中，2D 视觉市场规模约为 152.24 亿元，同比增长 20.21%，3D 视觉市场约为 18.40 亿元，同比增长 59.90%。GGII 预测，至 2027 年我国机器视觉市场规模将超过 560 亿元，其中，2D 视觉市场规模将超过 400 亿元，3D 视觉市场规模将接近 160 亿元。

图表 4 2016-2027 年中国机器视觉市场规模及预测（单位：亿元，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

二、内外资竞争格局

目前，我国工业视觉企业数量的增加每年保持 13% 以上的增速。截止 2022 年底，中国机器视觉企业共有 976 家，其中：

(1) 现在已进入中国的国际机器视觉品牌超过 200 家。如：CCS、DALSA、Basler、堡盟、灰点等为代表的核心部件制造商，以康耐视、基恩士、欧姆龙、伊斯拉、邦纳、NI、MUJIN 等为代表的则同时涉足机器视觉核心部件和部分系统集成。

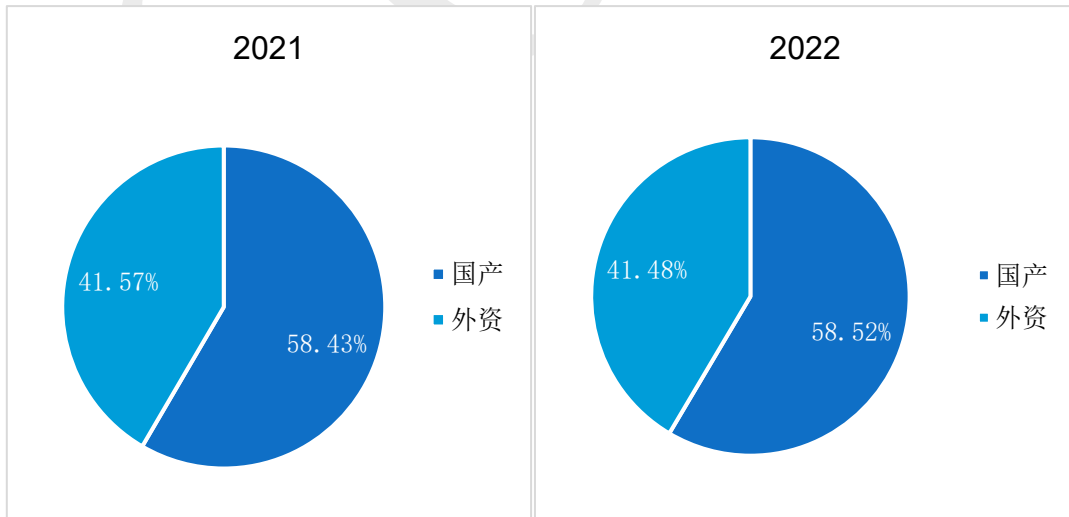
(2) 中国自有的机器视觉相关品牌已超 400 家，涉及包含上游、中游、下游或相邻结合产业链的企业，如：海康机器人、华睿科技、研华科技、凌云光、凌华、奥比中光、大恒图像、精锐视觉、梅卡曼德、知象光电、埃尔森、赛那德、图漾科技、OPT、康士达、普密斯、东正光学、慕藤光、陕西维视等。

(3) 机器视觉各类产品代理商超过 300 家（其中，自主品牌企业亦会部分代理外资品牌），如：大恒图像、鸿富视觉、微视新纪元、凌云光、阳光视觉、视觉龙、富视通等。

从国内机器视觉整体市场来看，内外资品牌的竞争已开始呈现分庭抗礼的局面，甚至在某些产业链环节，国产的份额已绝对领先于外资。如镜头、光源领域，国产代表厂商 OPT、东莞 RESS、长步道等；相机领域，国产代表厂商海康机器人、华睿科技、梅卡曼德等。

从内外资品牌份额来看，根据 GGII 数据显示，2022 国产品牌机器视觉市场份额占比 58.52%，相较于 2021 年略有提升。

图表 5 2021-2022 中国机器视觉市场内外资品牌格局（按规模，单位：亿元）



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

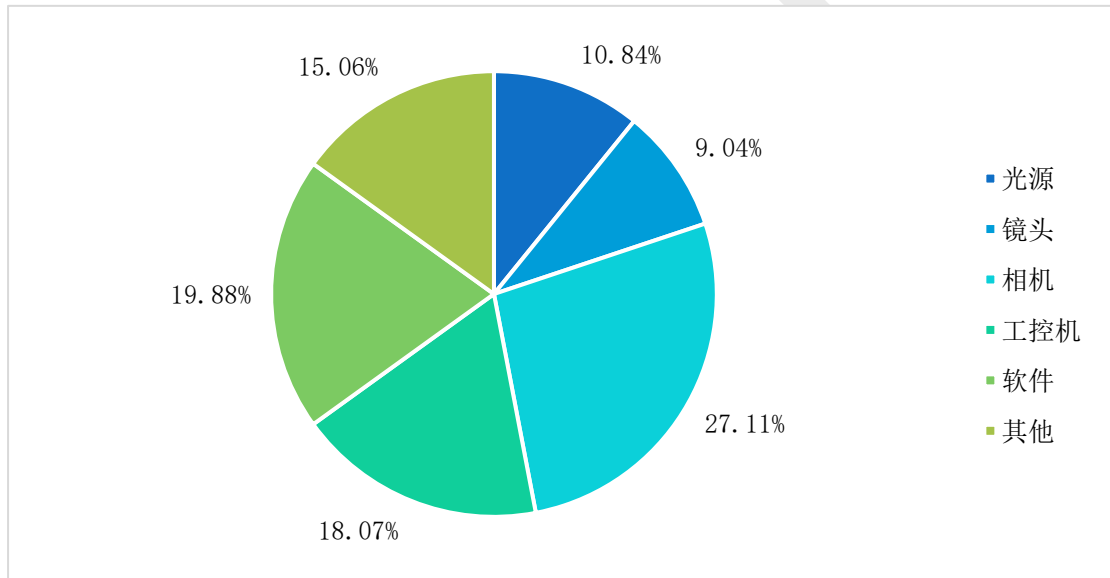
第二节 机器视觉产业链市场发展分析

机器视觉行业的上游主要有光源、镜头、工业相机、工控机（包含图像采集卡）、图像处理软件等机器视觉组件设备的提供商。

目前在中国的机器视觉核心组件设备大多来自国外企业，如高端镜头、高端 CCD 和 CMOS、智能相机、高速图像处理软件等。国内企业集中在生产光源、图像软件和机器视觉集成系统方面。

从产业链成本构成来看，中国市场上单个机器视觉系统生产成本中，中游零部件环节的占比超过 60%，底层软件系统开发占比达到 19.88%。其中，元器件成本中，相机占比最大，达到 27.11%。

图表 6 中国机器视觉系统成本结构（单位：%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

目前中国的高端机器视觉核心组件设备大多来自国外企业，如高端镜头、高端 CCD 和 CMOS、智能相机、高速图像处理软件等。国内企业集中在生产光源、板卡、图像软件、相机、和机器视觉集成系统方面。

图表 7 中国机器视觉上游部件发展概况

零部件	国内外生产商	国内发展概况
图像传感器	外资：索尼、德州仪器等。	外资主导，国产加速替代进行中。
	内资：长光辰芯、奥比中光、中科融合、南北微电子等。	
光源	外资：日本 CCS、美国 Ai、德国 SCHOTT 等。	国产化最充分，国

	<p>内资：奥普特、康视达、东莞锐视 RSEE、纬朗光电、沃德普、东冠、今明视觉、东莞乐视、上海铂美等。</p>	<p>产化率在 90%以上。</p>
镜头	<p>外资：日本 Computar、日本 VST、意大利 Opto、日本 KOWA、日本 Moritex、德国 Basler、日本 Fuji、德国 Schneider 等。</p>	<p>国内企业以生产低端镜头为主，高端镜头依赖进口，国产化率 80%左右。</p>
	<p>内资：海康机器人、普密斯、东正光学、灿锐光学、深圳视清、浩蓝光电、长步道、慕藤光、桂林光学、迈特光学、奥普光电等。</p>	
2D 相机	<p>外资：瑞士 Baumer（堡盟）、德国 Basler（巴斯勒）、德国 AVT、加拿大 DALSA（达尔萨）、日本东芝 Teli、韩国 Vieworks、Image Source、FLIR 等。</p>	<p>国内工业相机进步明显，国产化率超过 70%。</p>
	<p>内资：海康机器人、大恒图像、华睿科技、迈德威视、度申科技、维视图像、埃科光电、凌云光等。</p>	
3D 相机	<p>外资：LMI、基恩士、SICK、康耐视、Smartray、Photoneo 等。</p>	<p>国产与国外差距不大，国产进步明显。</p>
	<p>内资：梅卡曼德、奥比中光、知象光电、熵智科技、图漾科技、深视智能、翌视科技等。</p>	
智能相机	<p>外资：美国 Cognex、日本 Keyence、日本 Panasonic、日本 Omron、美国 Microscan、瑞士 Baumer、SICK 等。</p>	<p>外资主导高端市场，国内企业开始切入中低端市场。</p>
	<p>内资：海康机器人、华睿科技、维视图像、朗锐智科、凌华科技等。</p>	
读码器	<p>外资：基恩士、康耐视、欧姆龙、Datalogic、SICK 等。</p>	<p>外资占据中高端主要市场，国内积极追赶，物流领域以国产为主导。</p>
	<p>内资：海康机器人、华睿科技、视界、新大陆、斯普瑞等。</p>	
工控机	<p>台系：研华科技、凌华科技等。</p> <p>大陆：康士达、稳信、恒邦新创、集合诚、卓信创驰等。</p>	<p>中国台系厂商占据主导地位。</p>
视觉软件	<p>外资：康耐视 VisionPro、德国 MVtec 公司 Halcon、美国 NI 公司 LabVIEW、加拿大 Matrox MIL 等。</p>	<p>国内企业在软件包开发上具备优势。</p>
	<p>内资：海康机器人 VisionMaster、凌云光 Vision Ware、创科视觉 Ck vision、微视图像 Visionbank SVS、奥普特 Sci Vision 等。</p>	

资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

一、工业相机市场分析

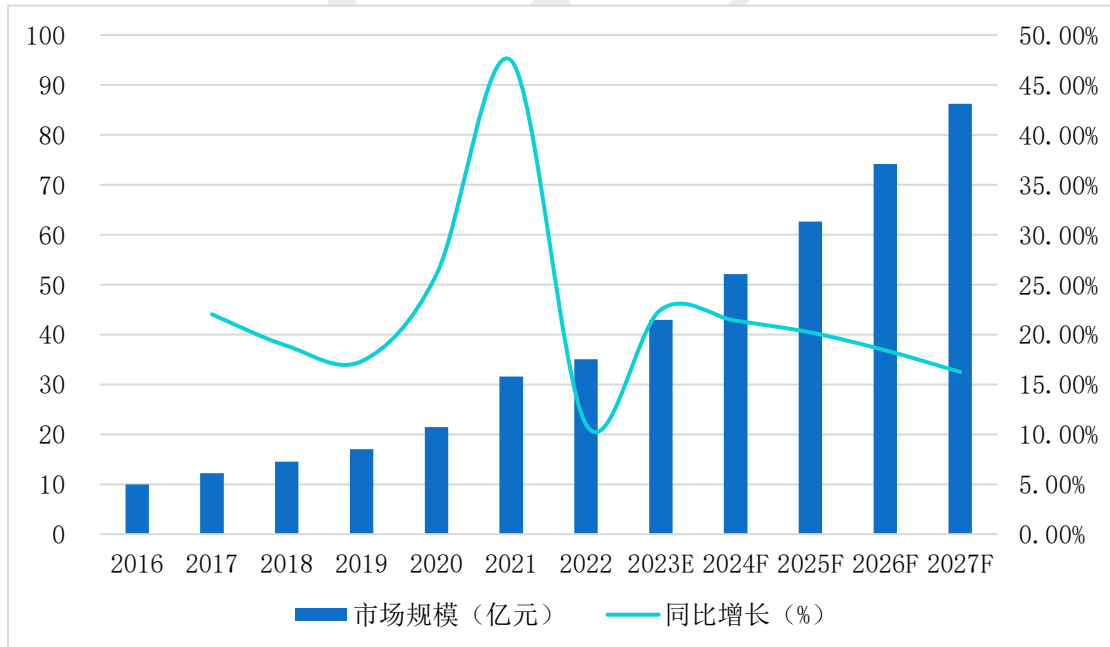
工业相机是机器视觉系统最核心的组件，其本质的功能就是将光信号转变成为有序的电信号，再将该信号模数转换并送到处理器后以完成图像的处理、分析和识别。与普通相机相比，工业相机需要更高的传输力、抗干扰能力以及稳定的成像能力。

目前市面上的工业相机主要有**面阵相机、线扫相机、板级相机、红外相机、智能相机以及能够满足深度信息获取的 3D 相机**。选择合适的工业相机是机器视觉系统设计的重要环节，工业相机类型不仅直接决定所采集到的图像分辨率、图像质量，同时也与整个系统的运行模式直接相关。

1、2D 工业相机

国产 2D 工业相机自 2016 年开始起量，较低的产品售价以及针对中低端市场的打法对外资品牌造成了一定冲击。导致 2D 工业相机在国内销量持续上升，但是相机均价却逐年下降的现象。2022 年，区域性疫情影响以及支柱性下游需求疲软导致机器视觉需求量增速出现较大幅度下滑。从市场规模来看，GGII 数据显示，2022 年中国 2D 工业相机市场规模为 35.05 亿元，同比增长 10.99%，增速较 2021 年明显降低。GGII 预计，伴随我国疫情政策转向，2023 年开始 2D 工业相机市场将迎来恢复性增长，2027 年该市场规模将接近 90 亿元。

图表 8 2016-2027 年中国 2D 工业相机市场规模及预测（单位：亿元，%）



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

2、3D 工业相机

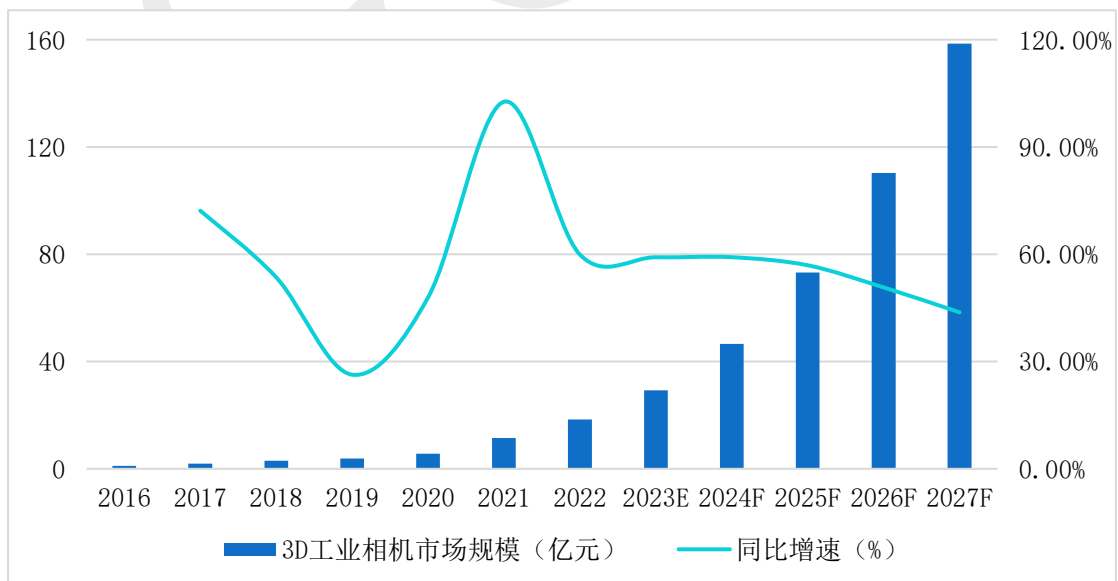
3D 工业相机主要应用于工业场景中涉及深度信息获取的场景，如：缺陷检测、零部件测量以及机器人定位引导等，与 2D 相机在应用方面属于互补的关系。在产业智能化改造进程中，深度信息的获取对于自动化设备而言带来了广阔的想象空间，能够满足柔性化程度较高应用需求，同时也对 3D 视觉企业带来技术方面的挑战，如何在细分场景应用中将方案落地成为现阶段 3D 视觉企业发展的关键。

相比于 2D 视觉，3D 视觉行业尚处于发展初期阶段，产品主要处于早期落地阶段，真正实现批量化应用的企业数量较少。同时，由于工业场景复杂化程度较高，且产品落地也对 3D 视觉厂商在相关工艺场景的认知水平提出较高要求，导致目前国内大部分企业的硬件产品通常需要与解决方案进行配套，从而实现产品的落地以及工艺场景认知度的积累。真正专注于 3D 相机硬件产品研发、生产的企业相对较少。

3D 视觉主要应用于汽车与汽车零部件、3C、新能源、半导体、机械加工以及物流等行业中。2021 年，受锂电池企业产能扩张以及电商物流市场高速发展的影响，3D 视觉行业市场规模增速一度达到 100% 以上。但是在 2022 年，区域性疫情以及 3C、物流等下游需求疲软影响下，3D 视觉市场增速出现较大幅度下滑。

从市场规模来看，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%，增速较 2021 年收缩明显。GGII 预计，未来几年中国 3D 工业相机市场仍将保持相对较高增速，到 2027 年该市场规模有望接近 160 亿元。

图表 9 2016-2027 年中国 3D 工业相机市场规模及预测（单位：亿元，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

二、智能相机市场分析

与基于 PC 系统的机器视觉相比，智能工业相机并不需要将光源、光学镜头、CCD 或 CMOS 相机等零部件进行组合，而是将图像的采集、处理与通信功能集成于单一相机内，包括图像采集单元、图像处理单元、网络通信装置等，是一种高度集成化的微小型机器视觉系统。

智能相机具有易学、易用、易维护、结构简单、性价比高等特点，可在短期内构建起可靠而有效的机器视觉系统。

智能相机与传统的基于 PC 的视觉系统中的工业相机不同，它可以看作是一种高度集成化的小型机器视觉系统，大部分的智能相机都可脱离 PC 而独立运行。它集图像的采集、处理与通信功能于一身，提供了具有多功能（如读码、OCR、识别、定位引导、测量等标准功能）模块化、高可靠性、易于实现的机器视觉解决方案。视觉传感器将 PC 的灵活性，PLC 的可靠性、现场总线分布式网络技术结合在一起。用这样的视觉传感器和 PLC 可以更容易地构成机器视觉系统。

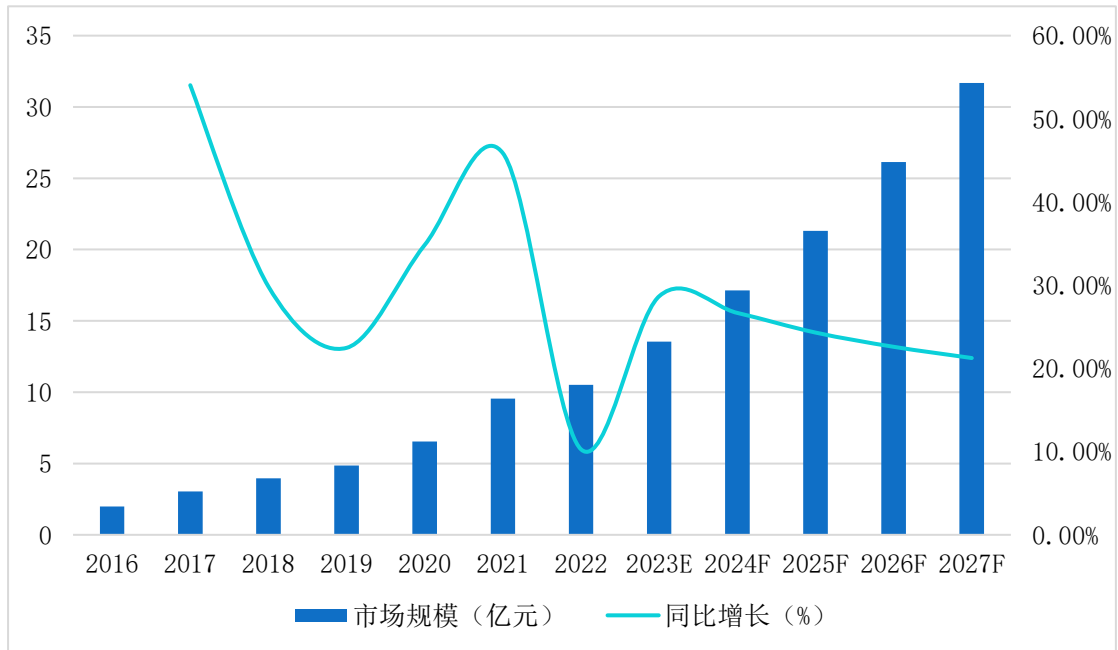
图表 10 智能相机与基于 PC 的机器视觉产品对比

组成部分	功能	与基于 PC 的视觉系统对比
图像采集单元	将光学图像转换为 A/D 图像，并输出值图像处理单元	类似 CCD/CMOS 相机和图像采集卡
图像处理单位	对图像采集单元的图像数据进行实时存储，并在图像处理软件的支持下进行处理	类似 PC 上的图像处理软件，但在智能相机中算法都已封装成固定的模块，无需编程可直接应用
网络通信装置	完成控制信息、图像数据的通信任务，可以联结多台智能相机构成更大的工业视觉系统	/

资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

GGII 数据显示，2022 年中国工业智能相机市场规模为 10.52 亿元，同比增长 10.27%。预计 2023-2027 年智能相机市场年均复合增速将保持 23%左右，到 2027 年中国工业智能相机市场规模有望超过 30 亿元。

图表 11 2016-2027 年中国工业智能相机市场规模及预测（单位：亿元，%）



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

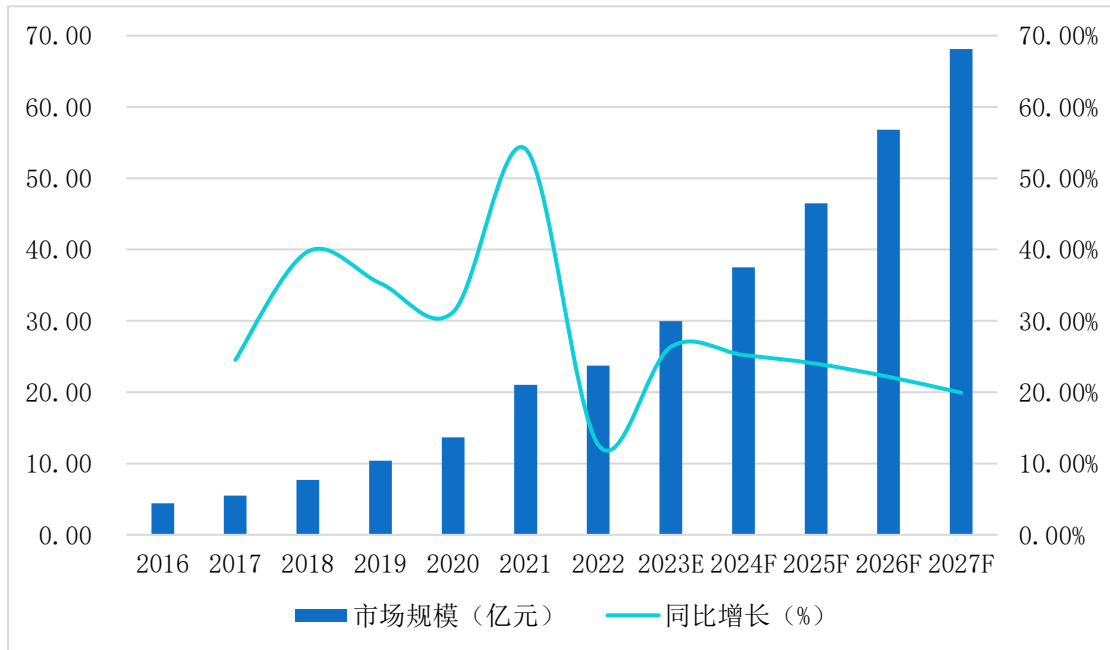
三、工控机市场分析

机器视觉工控机是视觉系统中的“大脑”，一般通过 USB 接口或网口与视觉系统连接，其性能直接影响整个视觉系统的处理速度和运行稳定性。

工控机具有重要的计算机属性与特征，具备计算机 CPU、硬盘、内存、外设以及接口等，此外，视觉工控机通常内置基于 USB 接口或网口的图像采集卡，以实现与视觉系统的连接以及在工作过程中对于图像信息的处理。

随着工控机技术的快速发展，工控机的应用也能够为视觉系统的运作提供强有力的支持，使机器视觉能够广泛地应用于各个行业中，视觉工控机市场规模也与机器视觉行业的发展密不可分。根据 GGII 统计数据显示，2022 年，我国视觉工控机市场规模约为 23.71 亿元，同比 2021 年增长 12.62%，GGII 预计，至 2027 年我国视觉工控机市场规模将超过 65 亿元。

图表 12 2016-2027 年中国视觉工控机市场规模及预测（单位：亿元，%）



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

从参与者来看，机器视觉领域的工控机主要由台系厂商研华科技、凌华科技为主导。近年来，越来越多的国产厂商入局工控机领域，其中代表厂商有康士达、恒邦新创等。

四、视觉软件市场分析

机器视觉图像处理软件一般分为两类：一类是底层算法，包含大量处理算法的工具库，用以开发特定应用，主要使用者为集成商与设备商；另一类是经过二次开发后的软件，是专门实现某些功能的应用软件，主要供最终用户使用。两者主要在开发的灵活性上存在差别。

底层算法	经过二次开发后的软件
包含大量处理算法的工具库，用以开发特定应用，主要使用者为集成商与设备商	专门实现某些功能的应用软件，主要供最终用户使用

机器视觉软件的核心就是软件算法，主要是对数字信号进行各种运算来抽取目标的特征，进而根据判别的结果来控制现场的设备动作，自动完成对图像采集、显示、存储和处理。

机器视觉软件算法主要包含 2D 视觉算法、基于深度学习的缺陷检测算法、3D 视觉算法、3D 点云处理、多传感器融合标定等。

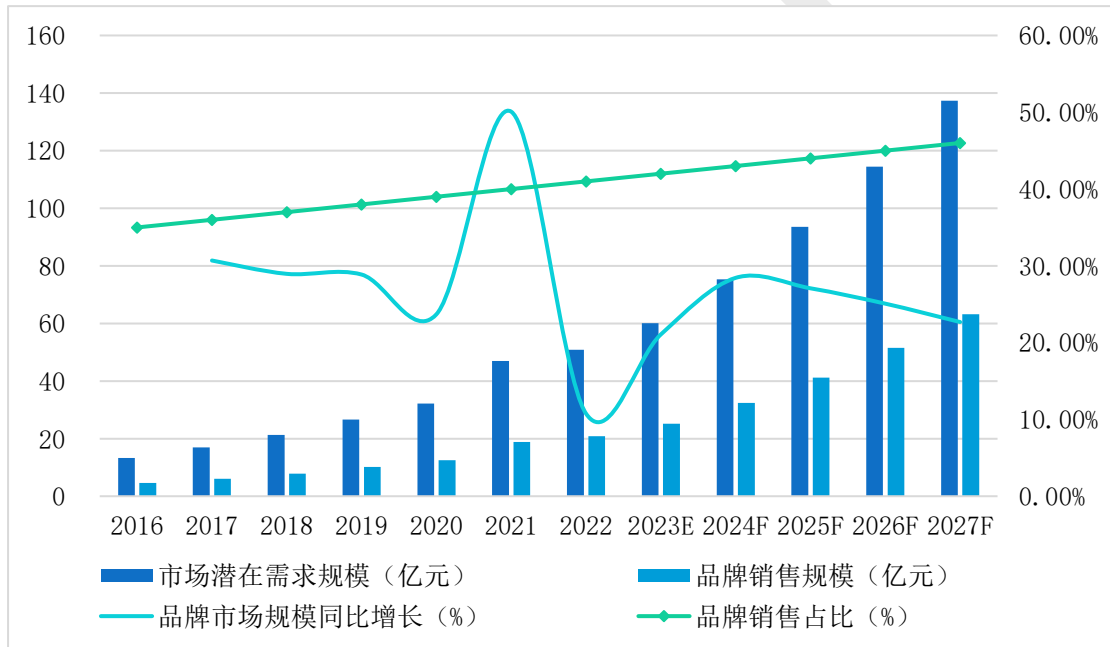
目前我国视觉软件绝大部分采用企业自研或基于底层算法进行二次开发，下游对于视觉软件的需求绝大多数包含于系统解决方案中，单独销售视觉软件产品的企业相对较少。GGII 数据显示，2022 年中国机器视觉软件市场需求规模为 50.80 亿元，同比增长 8.06%。随着未来机器视觉在各行业中的持续渗透，以及终端用户对软件价值的认知逐渐提升，GGII 预计，

至 2027 年，中国机器视觉软件市场需求规模将接近 140 亿元。

目前国内单独将视觉软件作为产品对外销售的企业数量较少，视觉软件市场以外资品牌占据主要份额，国产头部厂商陆续开始起量。另一方面，部分国产企业基于自身市场策略，将软件作为硬件配套赠送，或通过互联网营销方式（前期免费下载使用，收取软件增值费用或导入自身硬件产品）扩大自身软件影响范围，导致国产视觉软件均价处于较低水平，进而影响整体规模。同时，大部分视觉软件通常集成在解决方案内，单独销售的情况相对较少，因此纯视觉软件品牌销售规模相对于市场需求规模还处于较低的水平。

GGII 数据显示，2022 年中国机器视觉软件品牌销售规模 20.83 亿元，同比增长 10.76%。预计至 2027 年，该市场规模将超过 60 亿元，同时品牌销售的占比有望超过 45%。

图表 13 2016-2027 年中国机器视觉软件市场需求及预测（单位：亿元，%）



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

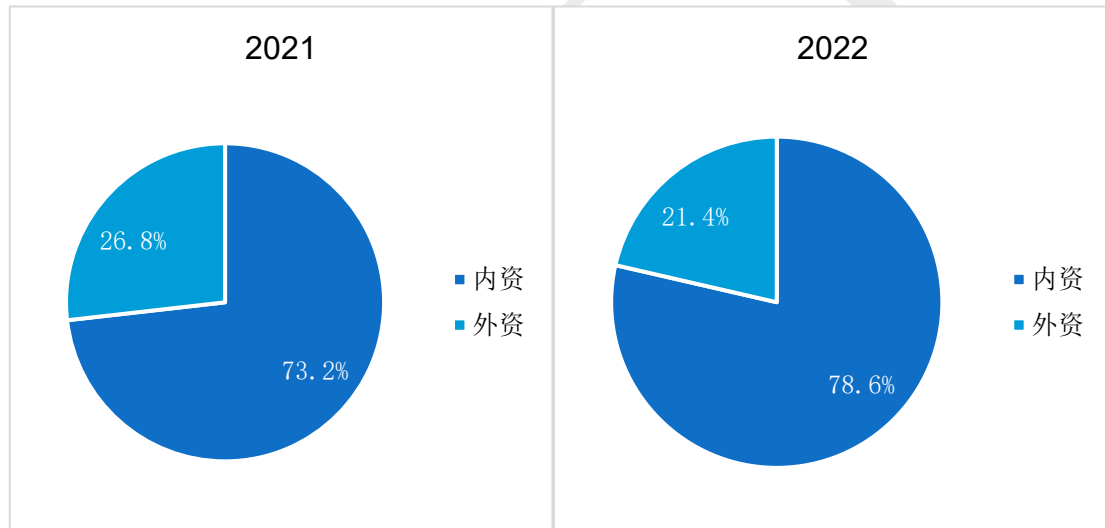
第三节 机器视觉市场格局分析

一、2D 工业相机竞争格局

目前国产 2D 相机已在面阵相机、线扫相机、红外相机、板级相机等产品线上逐渐被市场接受。2022 年，疫情影响下，外资品牌进出口物流受阻，本土品牌地缘性优势进一步扩大。叠加本土视觉产品市场竞争日趋激烈，导致部分外资品牌的国产份额受到较大冲击。整体来看，2022 年，国产 2D 相机销量占比接近 70%。另一方面，目前国产工业相机主要应用于中长尾市场中，产品价值量相对外资产品有较大差距，高端市场仍由外资主导。

GGII 调研数据显示，2022 年中国市场 2D 相机销量 253.99 万台，同比增长 20.66%，2022 年中国 2D 工业相机市场规模为 35.05 亿元，同比增长 10.99%。从内外资竞争格局看，2022 年国产品牌份额占比 78.6%，同比 2021 年提升 5.4 个百分点。

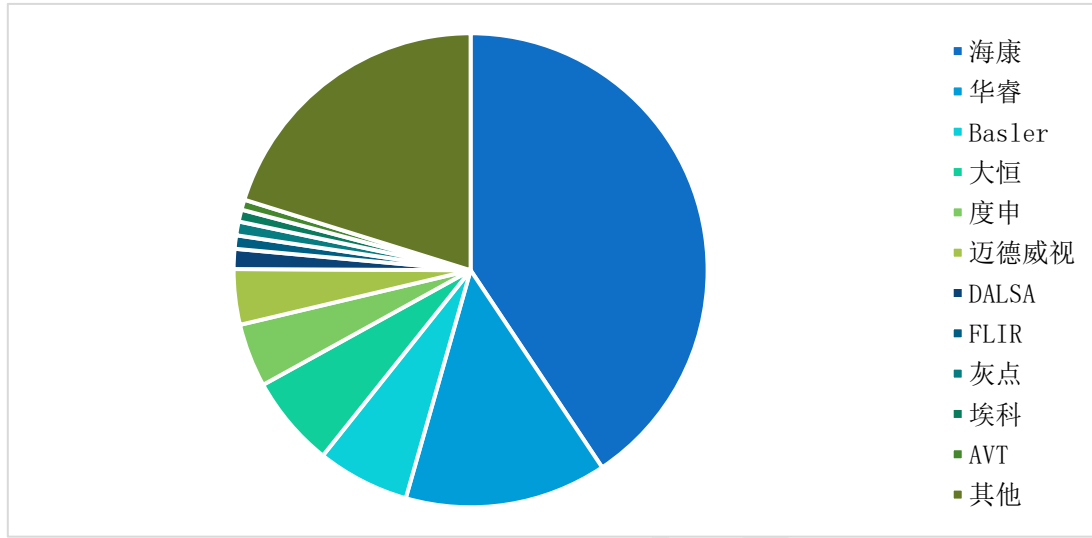
图表 14 2021-2022 中国市场 2D 工业相机内外资格局（按规模）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

从厂商竞争格局看，2022 年海康机器人、华睿科技两家头部企业出货量合计占比超过 50%。可以预见的是，中国工业相机市场的国产化进程将持续深入，国产品牌在通用 2D 相机领域的主导地位已逐渐形成。在部分细分领域（如线阵相机）及高端市场领域，外资品牌依然具备较强的话语权。

图表 15 2022 年中国机器视觉 2D 工业相机市场竞争格局（按出货量，单位：万台/套）



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

二、3D 视觉传感器竞争格局

3D 视觉感知技术经历了从工业级向消费级拓展的过程，核心技术的不断突破和迭代，让大规模产业化应用成为可能。经过近十余年的起步、发展，3D 视觉感知行业即将迎来快速增长时期，生物识别、机器人、消费电子、工业三维测量、汽车自动驾驶等是其主要应用领域。3D 视觉感知产业链涵盖上游的元器件供应商或代工厂，中游的 3D 视觉感知方案商，以及下游的各类应用场景客户，在技术、资金、人才等多方面形成了较高的行业门槛和壁垒。

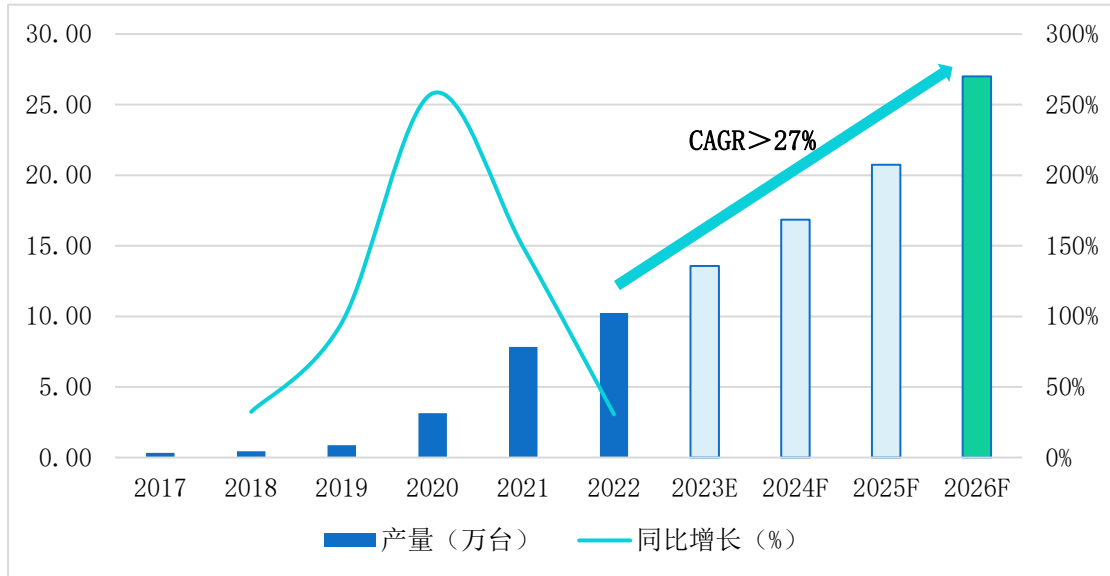
3D 视觉感知行业经过数十年的发展，由早期的工业级成功向消费级拓展，且应用领域仍在不断拓宽，行业经历了起步、初级发展时期，即将迎来快速增长时期。目前已在生物识别、机器人、消费电子、工业三维测量、汽车应用等多个领域实现了推广应用，并在国民经济中发挥着越来越重要的作用。

为了满足越来越多应用领域需求，3D 视觉感知技术也越来越丰富和全面；3D 视觉感知产品也随着底层元器件及核心算法的发展，向低成本、低功耗、小体积、高性能的方向发展。

在服务机器人应用领域，3D 视觉传感器可以帮助服务机器人高效完成人脸识别、距离感知、避障、导航等功能，使其更加智能化。目前已实现落地的应用包括扫地机器人、自动配送机器人、引导陪伴机器人等，服务于家庭、餐厅、酒店、医院等多个线下场景。

根据 GGII 统计，2022 年中国公共服务机器人产量 10.24 万台，同比增长 30.61%，预计未来几年复合增速超 27%，到 2026 年产量有望达到 27 万台。

图表 16 2017-2026 年中国公共服务机器人产量及预测（单位：万台，%）

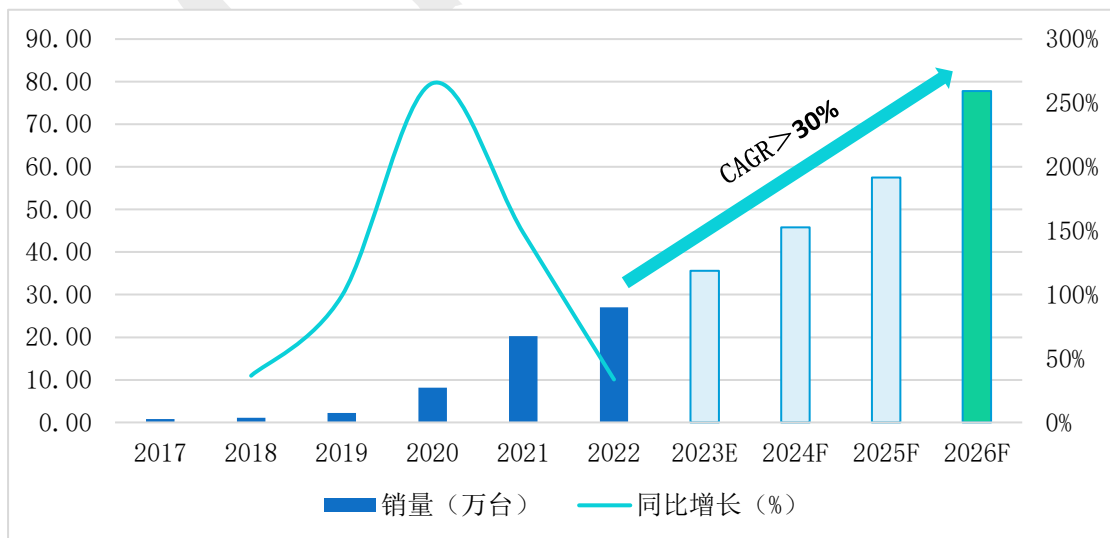


数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

注：公共服务机器人主要包括配送机器人（餐厅&酒店&医院等）、商用清洁机器人、导引机器人、消杀机器人等

一台服务机器人一般配备 1-7 台传感器，根据车型设计和应用场景的不同，选择的传感器类型和数量会有所差异。目前来看，更多服务机器人配备 2-4 台传感器，其中以 3D 视觉传感器为主。根据调研测算，2022 年中国公共服务机器人领域传感器的需求量为 27.05 万套，同比增长 33.65%，预计未来几年，单台服务机器人搭载的传感器数量有望提升，传感器需求的复合增速超 30%，到 2026 年传感器需求量有望接近 80 万台，其中 3D 视觉传感器占比接近 80%。

图表 17 2017-2026 年中国公共服务机器人传感器需求量及预测（单位：万台，%）



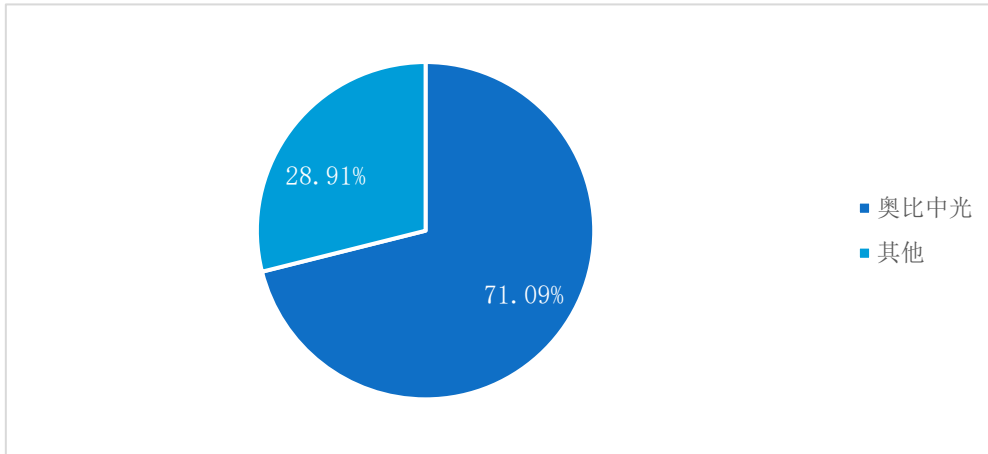
数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

注：1、公共服务机器人主要包括配送机器人（餐厅&酒店&医院等）、商用清洁机器人、导引机器人、消杀机器人等；

2、传感器类别包含 2D 视觉传感器、3D 视觉传感器、激光雷达等。

从 3D 视觉传感器参与者来看，主要有奥比中光、英特尔、索尼、英飞凌、银牛微电子等，其中，2022 年奥比中光在中国服务机器人领域的市占率超过 70%。

图表 18 2022 年中国公共服务机器人领域 3D 视觉传感器竞争格局（单位：台，%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

注：公共服务机器人主要包括配送机器人（餐厅&酒店&医院等）、商用清洁机器人、导引机器人、消杀机器人等

三、3D 工业相机竞争格局

目前我国 3D 工业相机市场仍处于早期市场发展阶段，市场竞争激烈，尚未出现明显市场格局。但是从应用场景来看，内外资品牌应用场景有明显划分：外资品牌主要应用于汽车、3C、锂电池、半导体晶圆检测、芯片检测等中高端领域中，产品价值量相对本土产品更高，而国产品牌则更多专注于物流、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。

由于 3D 视觉下游市场较分散，且单个市场应用空间有限，导致市场竞争十分激烈，产品价格持续下降。从好的方面来看，降低价格的同时也提高了产品的性价比，让下游市场对 3D 相机产品的接受度逐渐提高，从而促进了产品落地，在一定程度上获取了工艺场景的落地经验。但是从另一方面来看，非良性的价格战为绝大多数企业带来了资金压力，持续被压缩的利润无法支撑高昂的研发投入，导致企业对融资需求较高，目前已有部分自我造血能力较弱的中小型企业退出 3D 视觉的舞台。

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，国产 3D 工业相机出货量在 60%以上。当前我国 3D 视觉行业仍处于发展早期，市场基数相对较小，单一下游波动性变化对行

业以及企业影响相对较大，当前市场竞争格局仍充满较多不确定性。

3D 视觉主要应用于检测、测量、定位、引导等场景，并在此基础上延伸出各类应用。从本土企业来看，由于下游行业分散，单一细分场景的落地对于工艺理解以及研发投入要求较高，使得 3D 视觉行业内企业技术专精度相对较高。

图表 19 3D 工业视觉主要应用场景

应用场景	应用方式	细分应用
机器人引导	安装于机械臂上或机械臂旁，通过手眼标定，解决相机与机械手之间的坐标转换关系，并通过机械臂路径规划技术让机械手能精确抓取/运动到相机定位的目标，定制化程度较高。	料框分拣
		上下料
		拆码垛
		组装/装配
		焊接（工艺应用）
		涂胶（工艺应用）
		其他
定位	多用于物流行业，集成于物流自动化设备中，协助物流设备在包裹进入分拣环节前从无序队列整理为有序队列，减少分拣环节出错率。	单件分离
		纠偏除双
		紧固件定位
		其他
检测	集成于自动化检测设备或以视觉系统的形式安装于产线上，对相机精度、检测速度有一定要求。	外观检测
		焊缝检测
		涂胶检测
		瑕疵检测
		平面度检测
		间隙/面差检测
		零部件缺失检测
		其他
测量	固定式、手持式（三维扫描仪）或集成于自动化设备以及产线中。	尺寸测量
		体积测量
		固体流量测量

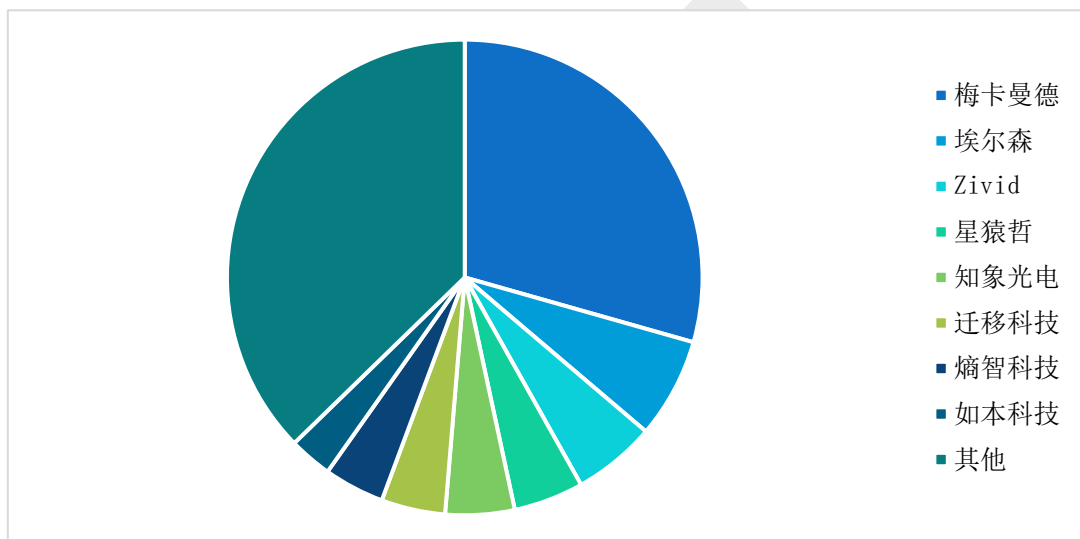
资料来源：高工机器人产业研究所（GGII）

1、3D 引导类相机

GGII 调研数据显示，2022 年中国机器人引导类 3D 相机出货量超过 8500 台，其中中国品牌份额超过 80%。

从代表厂商来看，梅卡曼德专注于 3D 工业相机和 3D 视觉软件算法开发，在机器人引导分拣、拆码垛、上下料等细分领域中构筑自身技术优势。知象光电与熵智科技主要面向工艺类场景，其中，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。

图表 20 2022 年中国机器视觉 3D 引导类相机竞争格局（按出货量，单位：台/套）

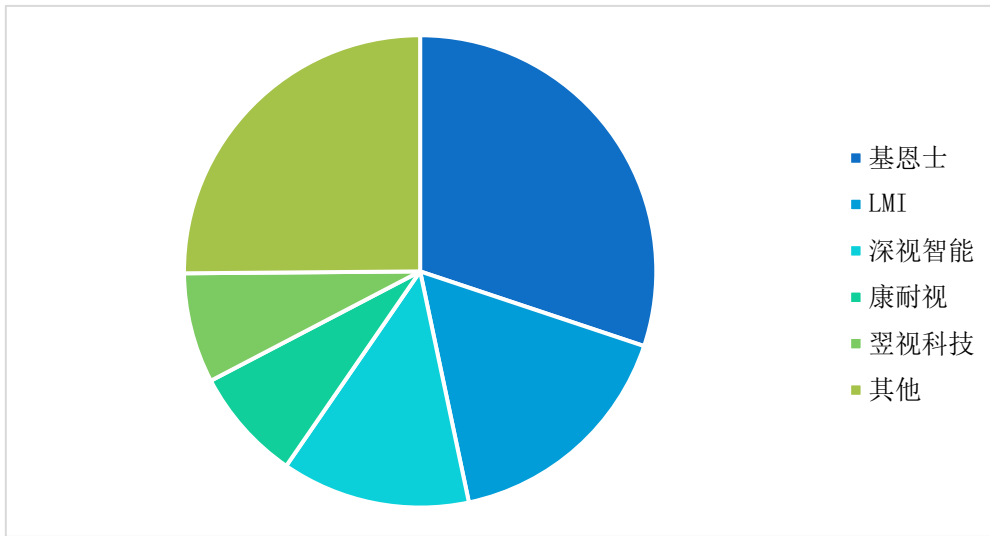


数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

2、3D 检测类相机

GGII 调研数据显示，2022 年中国 3D 检测类相机出货量超过 2.3 万台，其中外资品牌份额超过 60%。目前 3D 检测类相机主要前以激光线扫相机为主流，代表厂商有基恩士、LMI、深视智能、康耐视、翌视科技等。近年来以新能源、半导体、新能源汽车为代表的新兴市场需求持续释放，带动视觉检测类的需求逐年上升，入局 3D 检测类的厂商持续增加。

图表 21 2022 年中国机器视觉 3D 检测类相机竞争格局（按出货量，单位：台/套）



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

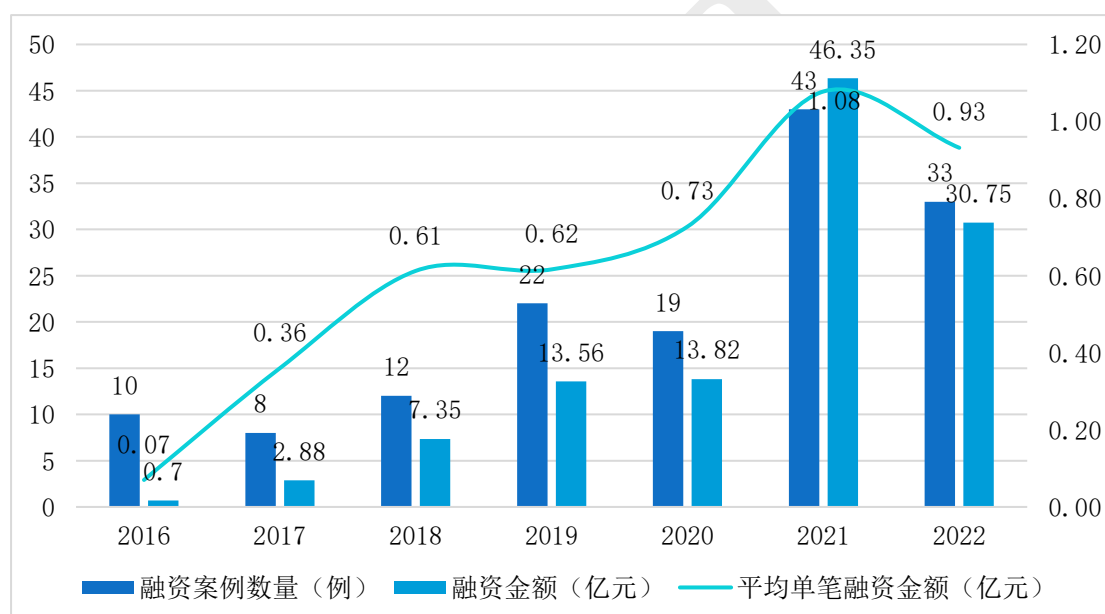
第三部分 资本篇

第三章 机器视觉行业融资态势分析

第一节 行业融资态势

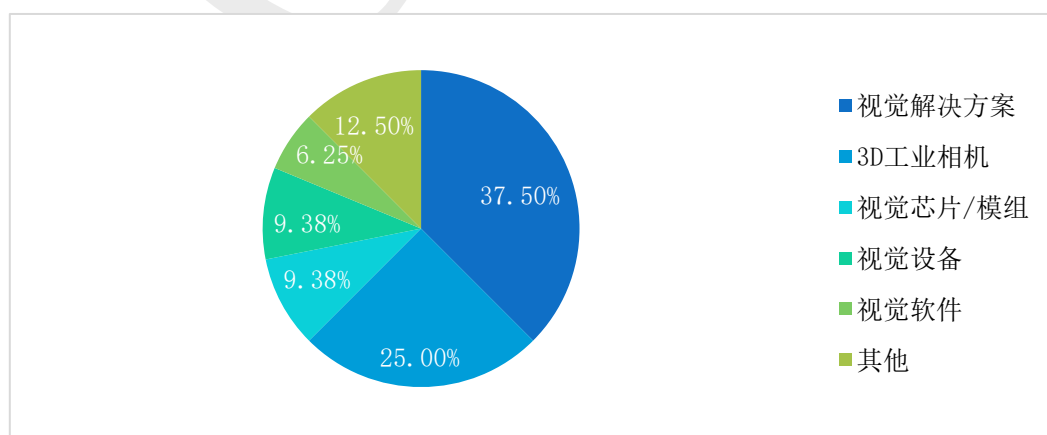
据不完全统计，2022 年中国机器视觉行业共发生融资 33 起，涉及金额近 31 亿元，其中，大部分融资主要集中于 3D 视觉、视觉芯片、视觉软件平台等领域。同比 2021 年，机器视觉融资案例数量下滑约 25.58%，融资金额下滑约 64.19%，平均单笔融资金额从 2021 年的 1.08 亿元下降至 0.93 亿元，融资市场开始收缩。

图表 22 2016-2022 年中国机器视觉相关企业投融资情况



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

图表 23 2022 年中国机器视觉融资分布 (按数量)



数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

2022 年国内整体经济增速放缓，市场不确定性加强，进一步加大资本方投资风险。资本对初创公司的投资决策中对于企业是否能实现稳定盈利以及保证稳定现金流的考量进一步提升，对于机器视觉行业的投资决策也逐渐从“狂热”转变为“理性”。目前进入机器视觉领域的企业很多，从应用功能领域划分，主要是检测、测量、定位、识别读码等几种，各家企业都有自身专注的领域，或一个或多个，在很大程度上，工艺算法是主要壁垒，行业案例是敲门砖，鉴于当前的应用还处于较早期的阶段，我们定义当下的中国机器视觉行业还处于早期的卡位阶段。

随着资本趋向流入头部视觉厂商，伴随机器视觉市场竞争进入白热化阶段，企业盈利空间进一步被压缩，落地能力较弱、市场占有率较低、未能在细分领域站稳脚跟的企业融资难度将进一步提升。

图表 24 2022 年中国机器视觉相关企业投融资情况

时间	公司名称	融资轮次	金额	投资方
202201	中科光电	Pre-A 轮	数千万元	东方嘉富、风润智能装备股份有限公司、众创创投、景银投资、善达投资
202202	深视智能	B+轮	数亿元	经纬创投、高瓴创投、产业资本
202203	盛相科技	A 轮	数千万元	北极光创投
202203	睿图智能	Pre-A 轮	未披露	克来机电
202203	矩视智能	A 轮	数千万元	海纳国际集团
202203	中导辰远	天使轮	数百万元	未披露
202203	跨维智能	天使轮	约千万美元	松禾资本、真格基金
202203	地标科技	天使轮	数千万元	达泰资本
202204	迁移科技	A 轮	数百万美元	微光创投、零一创投
202204	感图科技	C 轮	数亿元	毓盛资本、博华资本、高通风投
202204	志奋领科技	A+轮	约千万美元	顺为资本、怡合达
202206	苏映视	A+轮	约亿元	钟鼎资本、普洛斯隐山资本、元禾辰坤
202206	星猿哲	B+轮	约 4000 万美元	今日资本、高榕资本、五源资本、源码资本
202206	梅卡曼德	C++轮	未披露	Coatue、IDG 资本
202207	博视像元	天使轮	约亿元	兴旺投资、朗玛峰创投、海南融智人才创新创业投资基金合伙企业、中桥资本

202207	埃尔森	A 轮	数千万元	启高资本
202207	视比特	B 轮	3 亿元	经纬创投、迪策投资、招商兴湘、弘德投资、中金资本、和玉资本、同威资本
202207	灵西机器人	B+轮	数亿元	熙诚金睿
202207	大帧科技	Pre-A 轮	近千万元	东大资本、百咖资本
202208	昂视智能	A 轮	-	国信资本、卓源资本、松禾资本
202209	板石智能	Pre-A 轮	数千万元	深创投、国科嘉和、辅晟资本、国宏嘉信
202209	梅卡曼德	战略融资	未披露	CE Innovation Capital
202210	中科融合	A+轮	数千万元	华映资本、硅港资本、万讯自控、海南颐和
202210	如本科技	A+轮	数千万元	中车时代高新投资、琥珀资本
202211	知象光电	C 轮	超亿元	安信投资、钟鼎资本
202210	盛相科技	B 轮	近亿元	兴富资本旗下四期基金
202211	海研自动化	A+轮	数千万元	钧山资本
202211	立仪科技	A 轮	数千万元	浩瀚资本
202211	感图科技	C+轮	-	-
202212	神顶科技	战略融资	近亿元	翱捷科技、邦盛资本
202212	阜时科技	C 轮	数亿元	成都产投、深重投、惠友资本、珠海高科创投、国际创投、苏州相城创投、玖菲特投资、北汽产业投资
202212	英视智能	天使轮	约千万元	-
202212	现龙科技	天使轮	500 万元	北京翠湖原始创新二号创业投资基金

数据来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第二节 主要投融资机构代表

图表 25 中国机器视觉领域主要投资机构代表

序号	投资机构	融资企业
1	松禾资本	奥比中光、熵智科技、思谋科技、光鉴科技、跨维智能、昂视智能
2	中科创星	知象光电、长光辰芯、锐思智芯、聚时科技、中科慧远、爱观科技、西湖智能
3	红杉资本	梅卡曼德、思谋科技、感图科技
4	源码资本	梅卡曼德、鼎纳自动化、星猿哲
5	深创投	知象光电、易视智瞳、元橡科技、板石智能
6	洪泰基金	奥比中光、平方和科技、蓝胖子机器人
7	经纬中国	视比特机器人、库柏特、深视智能
8	IDG 资本	梅卡曼德、思谋科技
9	软银中国	知象光电、光鉴科技
10	伽利略资本	梅卡曼德、图漾科技
11	钟鼎资本	知象光电、苏映视
12	联想创投	锐思智芯、中科慧远、思谋科技、百迈技术、深慧视
13	同创伟业	锐思智芯、精锐视觉、高视科技
14	百度风投	阿丘科技、芯仑光电、合刃科技
15	北极光创投	光鉴科技、盛相科技、黑芝麻智能
16	创新工场	星猿哲、创新奇智、蓝胖子机器人
17	顺为资本	图漾科技、高视科技、深视科技
18	东方富海	欢创科技、景曜智能、璟一机器人
19	英诺天使基金	宝链智能、阿丘科技、速感科技
20	招商局创投	赛那德、黑芝麻智能
21	中金资本	视比特机器人、天准科技
22	东方嘉富	灵西机器人、中科光电
23	晨晖创投	欢创科技、深视科技
24	点亮资本	埃尔森、速感科技
25	高榕资本	星猿哲、如本科技
26	高通风投	感图科技、深度视觉
27	科大讯飞	锐思智芯、爱观科技
28	银杏谷资本	易思维、迁移科技
29	基石资本	欢创科技、思谋科技
30	启高资本	苏映视、品图视觉

31	元禾控股	苏映视、天准科技
32	云晖资本	平方和科技、聚时科技
33	小苗朗程	鼎纳自动化、深视科技
34	英特尔投资	梅卡曼德
35	字节跳动	熵智科技
36	高瓴创投	深视智能
37	招商致远资本	视比特机器人
38	今日资本	星猿哲
39	道生资本	视比特机器人
40	DCM 中国	阿丘科技
41	德联资本	梅卡曼德
42	图灵创投	视比特机器人
43	五源资本	星猿哲
44	方广资本	易思维
45	君联资本	阿丘科技
46	明势资本	平方和科技
47	源渡创投	灵西机器人
48	磐霖资本	图漾科技
49	希夷资产	灵西机器人
50	和玉资本	视比特机器人

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

注：排名不分先后顺序

第四部分 技术篇

第四章 技术发展分析

第一节 2D 视觉技术

目前对于图像处理任务，2D 是主导技术。面阵和线阵相机都具备 2D 相机技术。面阵相机用于拍摄场景并分析单个图像，而线阵相机采用扫描过程，逐行记录图像。根据所选的相机型号，以黑白或彩色图像（也称 RGB 值）再现场景。

对于有高对比度或对象的结构和颜色决定最终效果的应用，适合采用 2D 图像处理。2D 相机应用通常适用于所有图像处理领域，如定位、检测、测量和读取。

2D 相机的典型应用领域包括：对采用差别组件的对象的装配检验；高度差几乎为零的非常平的对象形状和尺寸检测；目标物脏污检测，尤其是直接在生产线上进行的集成测试里完成检测；对颜色和/或打印质量（如包装上的条形码）的评估；对可以通过颜色或印记进行明确区分的产品进行分类；电路板焊锡检测等。

工业相机在机器视觉系统中的应用主要是通过 CCD 或 CMOS 传感器，采集图像信息并将光学信号转换为数字信号，最后将这些信号通过传输接口传输到计算机。相比于消费级相机，工业相机具有更强的抗干扰能力以及成像稳定性。

目前常用的工业相机为 CCD 相机和 CMOS 相机，其技术差异及性能指标如下所示：

图表 26 CCD 相机&CMOS 相机各类指标对比

对比指标	CCD 相机	CMOS 相机
结构特点	成像点呈 X-Y 纵横矩阵排列，每个成像点由一个光电二极管和其控制的电荷储存区组成	类似存储器，每个成像点包含一个光电二极管、电荷/电压转换单元、选择晶体管、放大器，由金属互连器和输出信号互连器覆盖
信号读取方式	光电二极管将光线转换为电荷，读取这些电荷时，各行数据被移动到垂直电荷传输方向的缓存器中，每行的电荷信息被连续读出，再通过电荷/电压转换器和放大器传感	通过 X-Y 寻址技术读取信号
曝光方式	全局曝光	卷帘式曝光

速度	逐个光敏输出，速度较慢	较快，通常在 500fps 以上
噪声影响	噪点少	噪点多，需要搭配电路消噪技术
ISO 感光度	相同像素、相同尺寸条件下，CMOS 感光度低于 CCD	
分辨率	相同尺寸下，CCD 优于 CMOS	
色彩还原度	高	一般
耗电量	较高	较低，仅为 CCD 的 1/8 到 1/10
成本	较高	较低

数据来源：公开资料、高工机器人产业研究所（GGII）

从相机传感器结构特性的差异来划分，可以将工业相机分为面阵相机、线阵相机。

面阵相机的拍摄方式主要为矩阵拍摄，可以获取二维图像信息，其成像面积由像素的数量以及分辨率来决定，整体像素元数量多，但是单行像素元数量相对较少。面阵相机具有拍摄速度快、稳定性相对较高的优点，应用面更加广泛。

线阵相机主要通过单线扫描的方式来进行图像信息获取，其单线上的像素元数量可以达到非常多，但是必须通过相对运动才能完成扫描功能，扫描速度相对面阵较慢，且通常需要配置光栅等器件来记录线扫相机每一行扫描结果的坐标，导致额外增加视觉系统的综合成本。此外，线阵相机的扫描结果可能会受到扫描运动、机械传动的的影响，通常需要相关算法来进行控制。

图表 27 面阵相机&线阵相机对比

对比指标	面阵相机	线阵相机
拍摄方式	矩阵拍摄	线状扫描
应用场景	面积、形状、尺寸、位置等测量	匀速运动的连续检测或测量
待测目标	可以是静止的或运动的	需要有相对运动
精度	高	相对面阵相机更高
速度	较快	较慢
成本	相对较高	相对较低，综合成本较高

数据来源：公开资料、高工机器人产业研究所（GGII）

第二节 3D 视觉技术

3D 相机技术可用于拍摄对象和场景的三维信息。3D 技术区别于 2D 技术的一个显著特征是，除了显示对象的 X 和 Y 值外，还可以提供记录场景或对象的深度值。这为解决复杂任务提供了全新的可能，特别是在机器人、工厂自动化和医疗领域。此外，电影制作中虚拟现实和采用 3D 数据的趋势使得新应用的范围不断增加。

在分析对象的体积、形状或 3D 位置时，尤其需要使用 3D 图像处理。在检查对象和图像的缺陷时，如果 2D 方面没有足够对比度，但在高度方面表现出明显差异，则可以使用深度信息处理这些任务。

目前，最流行的 3D 视觉技术包含：双目立体视觉、结构光、激光三角测量法、ToF (Time-of-Flight)、光场照明、全息投影等。

一、双目立体视觉技术

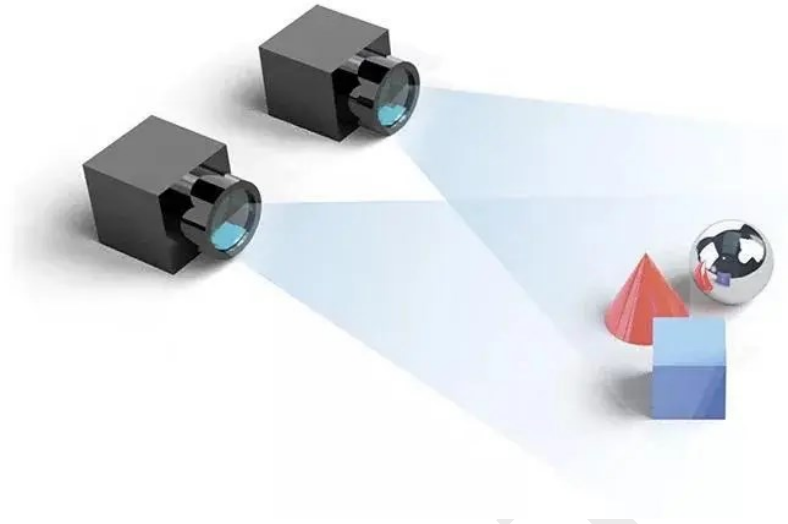
立体视觉字面意思是用一只眼睛或两只眼睛感知三维结构，一般情况下是指从不同的视点获取两幅或多幅图像重构目标物体 3D 结构或深度信息。目前立体视觉 3D 成像方法可以分为单目视觉、双目视觉、多（目）视觉和光场 3D 成像等，其中最为典型的便是双目立体视觉 3D 成像。

双目立体视觉的工作原理是依照人类的一双眼睛。使用两个相机记录一个对象的两个 2D 图像。并且，从两个不同的位置记录同样的场景，借助三角测量原理，使用深度信息合成一幅三维图像。

双目立体视觉使用从两个普通的 2D 面阵相机提供的图像数据，为场景提供深度值。同时，根据相机位置以及应用的几何信息对图像进行调整。在调整后，使用匹配算法搜索右侧和左侧的对应点，创建场景的深度图像。此方法运行的工作距离取决于基准（相机之间的距离），因情况而异。

提高立体系统性能的一种方式是在立体解决方案添加结构光。通过使用光源将明亮的几何图案投射在场景上，可以提高测量结果的准确度，这显著降低因均质表面和低光造成的立体影像缺陷。通过校准投射灯和相机，甚至可以不使用第二台相机。

图表 28 双目立体视觉工作原理示意图

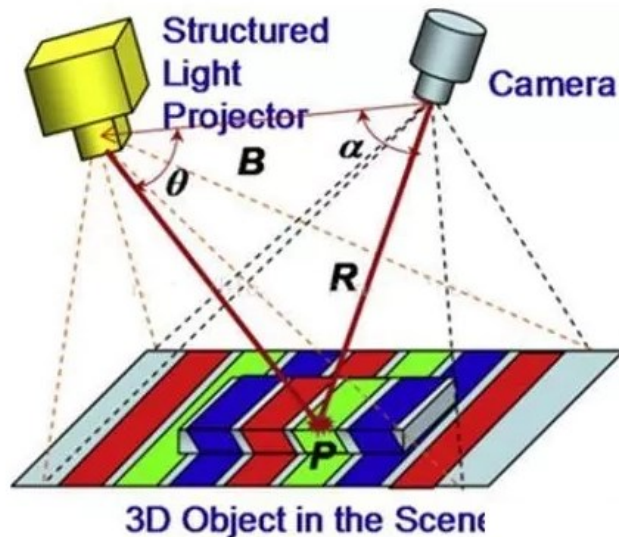


资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

二、结构光技术

结构光投影 3D 成像的基本工作原理是：利用计算机生成结构光图案或用特殊的光学装置产生结构光，经过光学投影系统投射至被测物体表面，然后采用图像获取设备（如 CCD 或 CMOS 相机）采集被物体表面调制后发生变形的结构光图像，利用图像处理算法计算图像中每个像素点与物体轮廓上点的对应关系；最后通过系统结构模型及其标定技术，计算得到被测物体的三维轮廓信息。

图表 29 结构光视觉工作原理示意图



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

结构光主要可分为动态结构光和静态结构光，动态结构光和静态结构光是指结构光投射器投射的图形（pattern）是否可以变换，显然动态结构光有条件得到更多的信息并生成更

高精度的 3D 数据，但是适用场景会受到一些限制并显然需要付出更高的成本。两者的主要差别在于：

(1) 动态结构光因为一次拍摄需要动态变换多帧 pattern，只能进行静止拍摄，而静态结构光只需投射一副 pattern，只要成像时间快就可以支持动态拍摄，动态拍摄能力主要取决于面阵图像传感器芯片的曝光速度。

(2) 动态结构光的设计目的是为了更高的精度，一般单帧测量精度能到 0.1mm 甚至更高，静态结构光的单帧测量精度多数为 mm 级别，优化好的相机能到 0.5mm，两者在精度上碰巧可以形成一种衔接关系，可自然形成产品规格的补充，各有所用。

(3) 量程方面，动态结构光的量程受制于投影设备因素一般偏小，静态结构光的量程只要付出光功率的代价范围可以很广。

(4) 价格方面，成熟的动态结构光相机成本目前都在数万元以上，静态结构光相机产品，不同规格从数百元到上万元的不同性价比产品选择面很广。

(5) 动态结构光的尺寸和功耗通常比较大，静态结构光则可以做到非常紧凑、超低功耗。

从发展和应用角度来看，在工业检测领域，尤其是需要 0.1mm 以下的超高精度场景里，动态结构光的静态拍摄方法目前是合理选项，而在大量的普及化应用场景中，静态结构光产品将是不二之选。

图表 30 动态结构光和静态结构光特性比较

项目	动态结构光	静态结构光
量程	极小、小	可大可小、跨度范围大
精度	超高	可高可低、跨度范围大
测量方式	静态测量	静态、动态
尺寸	大	小
功耗	大	小
结构稳定性	一般	好
成本	极高	按性价比可伸缩弹性
适合场景	精密检测、高精度作业	无处不在

数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）整理

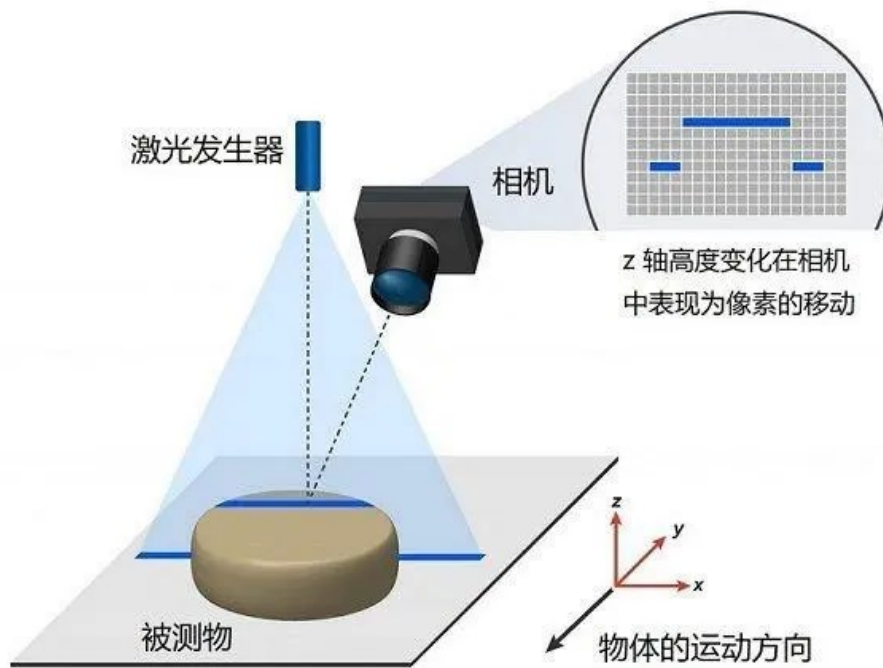
三、激光三角测量技术

激光三角测量法已经发展数十年，目前仍然被广泛使用，其主要作用是测量目标物体上单个点的准确深度。其工作原理是利用激光光源、目标物体和相机定义一个空间三角形，并通过确定三者之间的相交角度来计算目标物体单个点的 3D 坐标信息。在此基础上，将其与线扫描技术和面扫描技术相结合便可实现 2D 和 3D 的测量。

按照激光投射的不同模式，激光三角法包含点激光、线激光、多线激光、激光网格等。

在运用激光三角测量法时，结合使用了 2D 相机和激光光源。在此过程中，激光将线或点投射在相机前的场景上。

图表 31 线激光 3D 相机工作原理示意图



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

激光线或点出现在相机前的对象上，由 2D 相机记录。如果使相机跨过目标或在目标旁移动（例如通过传送带），被测量对象到芯片之间的距离会改变，那么激光线或点的观察角度随它们在相机图像中的位置一起变化。这样，通过数学运算，对象和光源之间的距离就可以通过图像中的位置坐标计算得出。

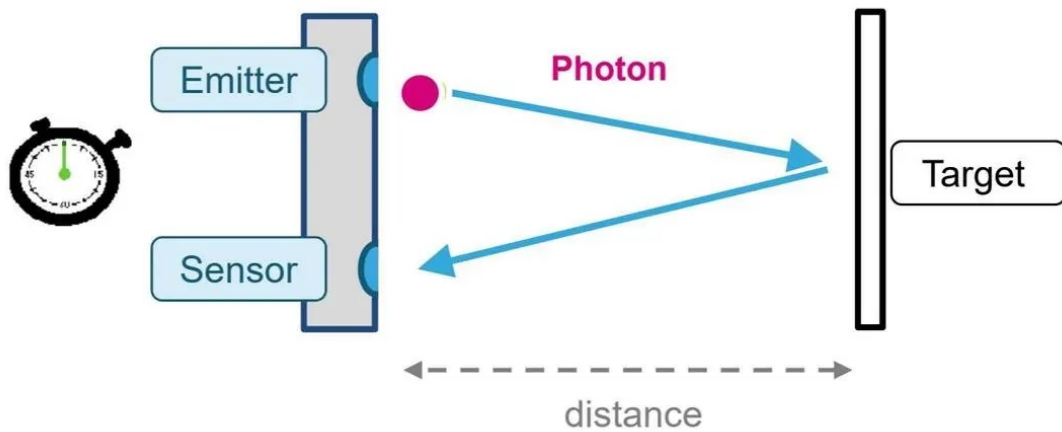
激光三角测量法的优点：精度极高；照明条件较差时仍可工作；可用于镜面反射或高反光（难处理）表面。缺点：需要对目标进行激光扫描，导致速度较慢；工作距离小；高精度要求采用非常昂贵的单个组件；设置复杂、安装成本高，导致总体系统成本高昂；如果没有安全的预防措施无法保证眼睛安全。

对于准确性要求极高的应用，激光三角测量法是一种好的选择。而对于高反光且光照条件不理想的难处理表面，也建议选择激光三角测量法。举例来说，在亚毫米级范围内测量高反光的金属片就是激光三角测量法的典型应用。另一个例子是对玻璃瓶进行分拣，这种情况下对比度极小。

四、ToF (Time-of-Flight) 技术

ToF 法的基本工作原理为利用光飞行的时间差来获取物体的深度：探测系统与光源同时启动，发射的光脉冲经目标物体后反射回探测中并由探测系统直接存储往返时间，最后根据时间和光速的关系求得与目标物体之间的距离。

图表 32 ToF 视觉工作原理示意图



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

ToF (Time-of-Flight) 相机为每个像素提供两种信息：亮度值（描述为灰度值）以及相机和目标的距离（即深度值）。

ToF 方法有两种不同的用法：连续波和脉冲 ToF 方法。基于连续波的 Time-of-Flight 测量法，是一种根据可调节亮度光源的发射光和反射光之间的相位差来进行测量的方法；使用脉冲 ToF 原理的相机，可以根据发射光脉冲和反射光脉冲之间的时间延迟来确定距离。

ToF 相机是一个紧凑的系统，没有可移动部件，它由以下组件组成：主动集成光源、集成镜头和 ToF 芯片。

光源会发出光脉冲，光击中物体后会反射回相机芯片，集成镜头能够确保反射回来的光可以击中芯片。简单而言，即根据光线从发出到返回芯片所需的时间，可以确定距离，进而计算出每个像素的深度值。借助此过程就可以简单、实时地描绘出散点图/深度图，并同时提供一幅强度与置信图。

ToF 的优点：一次记录场景，无需扫描；高速度；在多部分图像中提供 2D 和 3D 信息；高 X/Y 分辨率；系统紧凑，无移动组件；在低光条件下工作理想；无结构或对比度要求；只要提供足够强的光源，可以实现长工作距离；总体系统成本低；可实现高度实时性。缺点：镜面反射及高反光（难处理）表面存在问题；对杂散光敏感。

ToF 相机适合用于要求工作距离长、高速成像、复杂度低的应用。如果想要相机具备上述几点优势，同时预算经费有限，不要求具备毫米级以下的精度，那么 ToF 技术就是合适的选择。

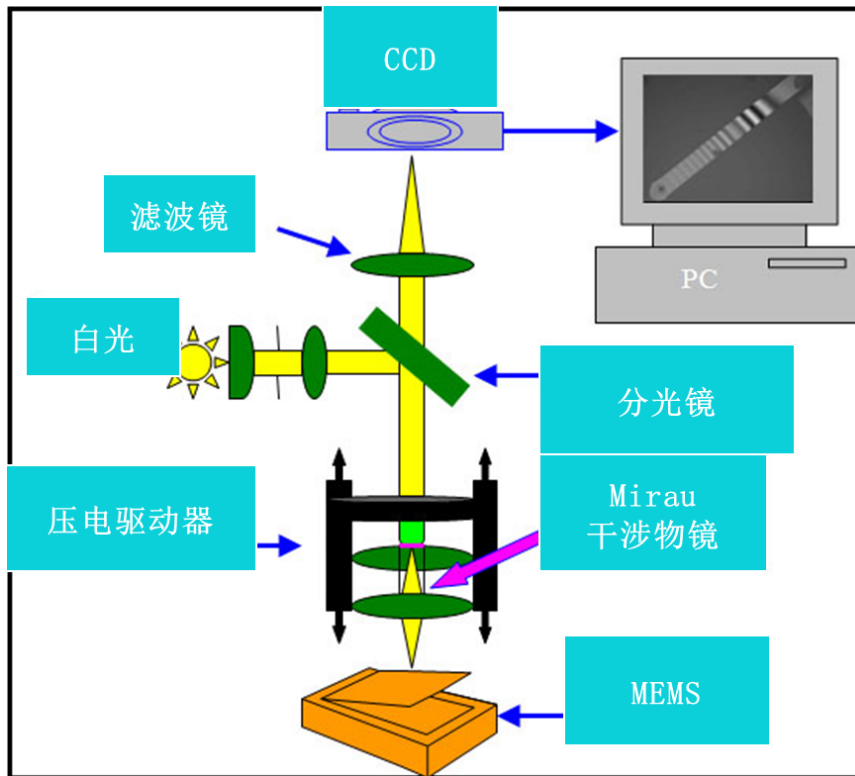
物流、码垛和卸垛任务的容积测量以及物流环境中的自动驾驶车辆都适合采用 ToF 相机。ToF 相机在医疗领域也有新的应用，那就是定位和监测患者。在工业领域中，由于 ToF 相机的深度精度相对较低，采用这种相机的系统更适合一般化任务，如较大对象的选择和放置应用。它们还可以用于机器人控制系统或大型对象的测量和位置检测，例如用于汽车制造。

五、白光干涉测量技术

白光干涉测量是采用具有一定光谱宽度的白光代替单色光作为干涉光源进行测量的特殊干涉测量技术，通常采用垂直扫描干涉测量的方式来获取干涉信号。

白光干涉测量技术原理：白光光源包含了整个可见光的连续光谱，光源发出的光经过扩束和准直后，经过分光棱镜分成两束光，一束通过待测物体表面反射回来，另一束则参考镜反射，由于两束光之间存在光程差，最终两束反射光会在相交处发生干涉，从而得到表示待测物体表面形貌的明暗相间的干涉条纹。最后再根据白光干涉条纹明暗度以及干涉条纹出现的位置解析出被测样品的相对高度，经过数据处理，则可以从计算机显示屏上观察到待测物体的三维表面形貌图像。

图表 33 白光干涉技术工作原理



资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

白光干涉信号的处理算法大致分为两类：第一类是包络曲线拟合法、重心法这类通过提取白光干涉信号的包络中心从而获取零光程差位置的算法；第二类主要为移项算法、空间频域算法等，这类算法可以提取白光干涉信号中心波长的相位信息，并结合包络中心算法恢复包裹相位，从而实现表面形貌恢复。

白光干涉测量技术主要应用于微小电子元器件的尺寸、形状和轮廓等方面的测量。相比于传统的触针式测量法，光学干涉法是一种非接触式、无损伤、高精度的测量方法，可以不接触样品表面，无需破坏元器件结构，对待测物体没有横向指标要求，进行大范围的形貌测量，其精度可以达到微米级甚至纳米级。

六、光谱共焦技术

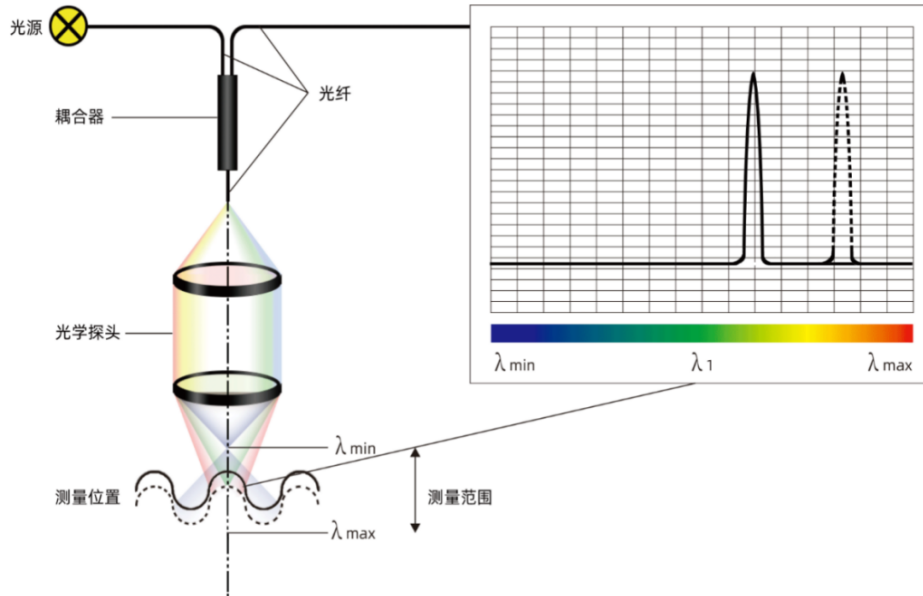
光谱共焦技术采用复色光作为其光源，可以测量会发生漫反射或镜反射的待测物体，以及对透明物体进行单向的厚度测量，测量精度可以达到微米级。

从结构上来看，光谱共聚焦传感器的光源与接收光镜头为同轴结构，在测量过程中可以有效地避免光路遮挡，主要由光源、透镜组、光谱仪组成。

光谱共焦技术是一种基于横向色相差的光学检测法，光源发出的复色光通过镜头内的一系列透镜组之后，会发生光谱色散，这些色散的光谱再经过一系列的光学反射后形成不同波

长的单色光。这些单色光再照射物体表面后，会形成垂直焦平面，通过镜头返回到光谱仪上，通过读取分析返回光谱仪上的光的波长就能计算出对应的距离，从而得出物体的深度信息。

图表 34 光谱共焦技术工作原理



资料来源：熵智科技，高工机器人产业研究所（GGII）整理

光谱共焦技术适合车辆具有高反光、镜面、透明、弯曲、高对比度、易碎和多孔的工件或材料，甚至可以测量透明图层的厚度和气隙。被广泛应用与玻璃、塑料、金属、复合材料、陶瓷等材质产品的检测中。

光谱共焦技术和传统线激光相比最大的特点是：对反光、透明、深色零部件适应性好。由于对材质不敏感，所以在有多种材质的测量不需要调多重参数适应，因此具备很强的通用性。

图表 35 3D 图像处理技术性能对比

性能	双目立体视觉	结构光	激光扫描	ToF	白光干涉	光谱共焦
范围	中到远	中	短	远	短	短
分辨率	中	中	不同	高	高	高
深度精度	在短工作范围内为 中到极高精度	在短工作范围内为 中到极高精度	极高	中	极高	高
软件复杂性	高	中	高	低	高	高
实时性	低	低到中	低	高	低到中	中

低光条件下 运行情况	差	好	好	好	差	好
户外区域	好	差	中	好	差	好
紧凑性	中	中	低	非常紧凑	高	低
材料成本	中	高	高	中到高	高	中
总运行成本	高	中到高	高	中到高	高	中到高

数据来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第三节 机器视觉软件技术分析

机器视觉软件的核心为软件算法，主要是对数字信号进行各种运算来抽取目标的特征，进而根据判别结果来控制现场的设备动作，自动完成对图像采集、显示、存储和处理。

机器视觉软件算法主要包含 2D 视觉算法、基于深度学习的缺陷检测算法、3D 视觉算法、3D 点云处理、多传感器融合标定等。

机器视觉算法平台主要包括商业算法库和开源算法库，目前在工业视觉应用较多的 Halcon、Visionpro、NIVision、VisionMaster 等机器视觉算法库，也包括 OpenCV 这样的开源算法库。

目前，机器视觉软件比较常见的开发模式是“视觉应用软件+视觉算法平台(算子库)”。视觉应用软件一般由视觉集成商或设备商根据应用需求开发，具有专机专用、行业特征明显等特点，比如点胶视觉软件、筛选机视觉软件、上料机视觉软件、模具保护器视觉软件等；视觉算法平台由底层算法研发能力较强的视觉公司开发，一般具有较高的通用性和灵活性，能用在多个行业应用中，国外知名的处理软件有德国 MVTec 的 Halcon, 康耐视的 VisionPro、加拿大 Matrox 的 MIL 等，国内常用的有海康机器人的 VisionMaster 算法平台，OPT 的 Sci Vision，凌云光的 Vision Ware，创科的 CKVision、陕西维视的 Vision Bank 等。除了视觉公司推出的商业软件库，还有开源算法，如 OpenCV、VTK、PCL、CGAL 等，为视觉系统开发者提供了便利。

图表 36 常用视觉软件一览表

序号	软件名称	开发企业	软件特点
1	OpenCV	Intel	开源，具备跨平台机器视觉和机器学习软件库，可以运行在 Linux、Windows、Android 和 Mac OS 操作系统上。高效，同时提供了 Python、Ruby、MATLAB 等语言的接口，实现了图像处理 and 计算机视觉方面的很多通用算法。
2	eVision	Euresys	侧重相机 SDK 开发，处理速度快，功能丰富。
3	LabVIEW	NI	编程速度快。
4	VisionMaster	海康机器人	算法丰富、性能强，灵活开放，支持多种开发模式，软件简单易用。
5	Halcon	MVtec	功能强大，开放性强，有试用 license、提供超过 1000 个算子，包含机器视觉可应用各类计算功能，缺点为价格昂贵。
6	Vision Pro	康耐视	工业化、人性化、具有便捷性，开发快速性。
7	MIL	Matrox	便宜，但是功能不全面。
8	Hex Sight	Adept	能精确识别/定位物体，精度高，定位识别速度快，对环境光线干扰不敏感，检测可靠性高。
9	Sherlock	DALSA	评估速度较快，类似与计算机模式。
10	NI Vision	NI	入门相对简单，开发速度快，兼容性强，可满足自动化测试的大多数需求。
11	Sci Vision	OPT	定制化开发应用能力强，在消费电子领域有较大优势。
12	Vision Ware	凌云光	在印刷品检测领域具有优势，印刷品反光、拉丝方面的算法较可靠，漏检率低。
13	Vision Bank	陕西维视	易上手，精度高，图像预处理功能强大。

数据来源：公开资料、高工机器人产业研究所 (GGII)

对所获得的视觉信号进行处理是机器视觉系统的关键所在，机器视觉软件类似“大脑”，通过图像处理算法完成对被测物的识别、定位、测量、检测等功能。机器视觉图像处理软件一般分为两类：一类是底层算法，包含大量处理算法的工具库，用以开发特定应用，主要使用者为集成商与设备商；另一类是经过二次开发后的软件，是专门实现某些功能的应用软件，主要供最终用户使用。两者主要在开发的灵活性上存在差别。

底层算法	经过二次开发后的软件
包含大量处理算法的工具库，用以开发特定应用，主要使用者为集成商与设备商	专门实现某些功能的应用软件，主要供最终用户使用

机器视觉软件的核心就是软件算法，主要是对数字信号进行各种运算来抽取目标的特征，进而根据判别的结果来控制现场的设备动作，自动完成对图像采集、显示、存储和处理。

机器视觉软件算法主要包含 2D 视觉算法、基于深度学习的缺陷检测算法、3D 视觉算法、3D 点云处理、多传感器融合标定等。

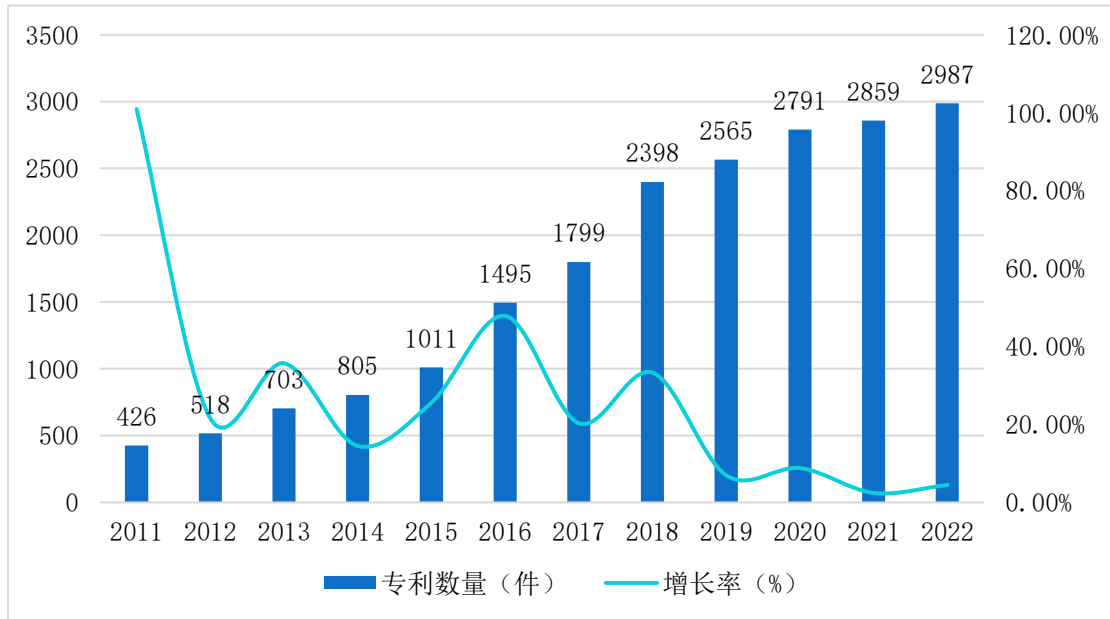
由于视觉开发包的竞争优势取决于稳定性和易用性，在稳定性上我国软件已达到较高水平。同时，在易用性上，国内厂商贴近终端用户，具备先天的本土优势，对用户操作习惯更为了解，能够开发出功能便捷的产品。

就软件平台而言，视觉算法的主要功能体现在视觉开发包上，因此竞争优势就可以从此入手。国内厂商不仅借鉴国外的开发包，而且结合了机器学习、深度学习等算法，并且我国具有软件成本较低的本土优势，因此不少企业依照自主的视觉算法开发包推出了具有竞争优势的产品。

第四节 机器视觉技术专利申请情况分析

截至 2022 年末，中国机器视觉相关专利申请共有 21926 件，其中，发明专利 12476 件，占比为 56.90%；实用新型专利 5080 件，占比为 23.17%；发明授权专利 4092 件，占比为 18.66%；外观设计专利 278 件，占比为 1.27%。2022 年中国机器视觉相关专利申请数量为 2987 件，同比增长 4.48%。

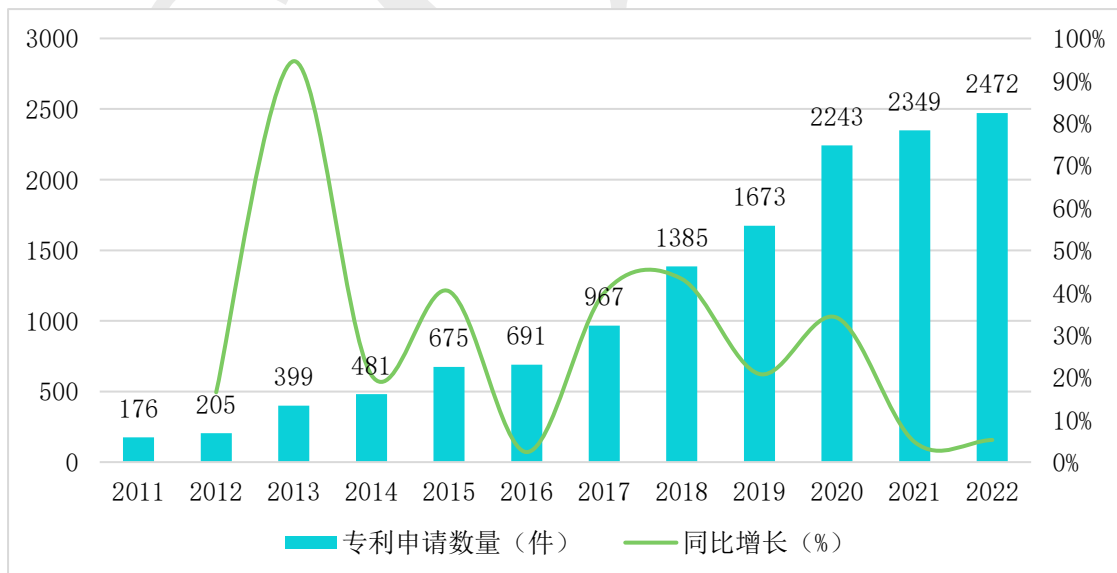
图表 37 2011-2022 年中国机器视觉相关专利申请情况（单位：件，%）



数据来源: Rain Pat, 高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

从 2D 视觉技术申请情况来看，截至 2022 年末，中国 2D 视觉相关专利申请共有 19936 件。其中，发明专利 11350 件，占比为 56.93%；实用新型专利 4516 件，占比为 22.65%；发明授权专利 3897 件，占比为 19.55%；外观设计专利 173 件，占比为 0.87%。2021 年中国 2D 视觉相关专利申请数量为 2571 件，同比增长 4.09%。

图表 38 2011-2022 年中国 2D 视觉相关专利申请情况（单位：件，%）

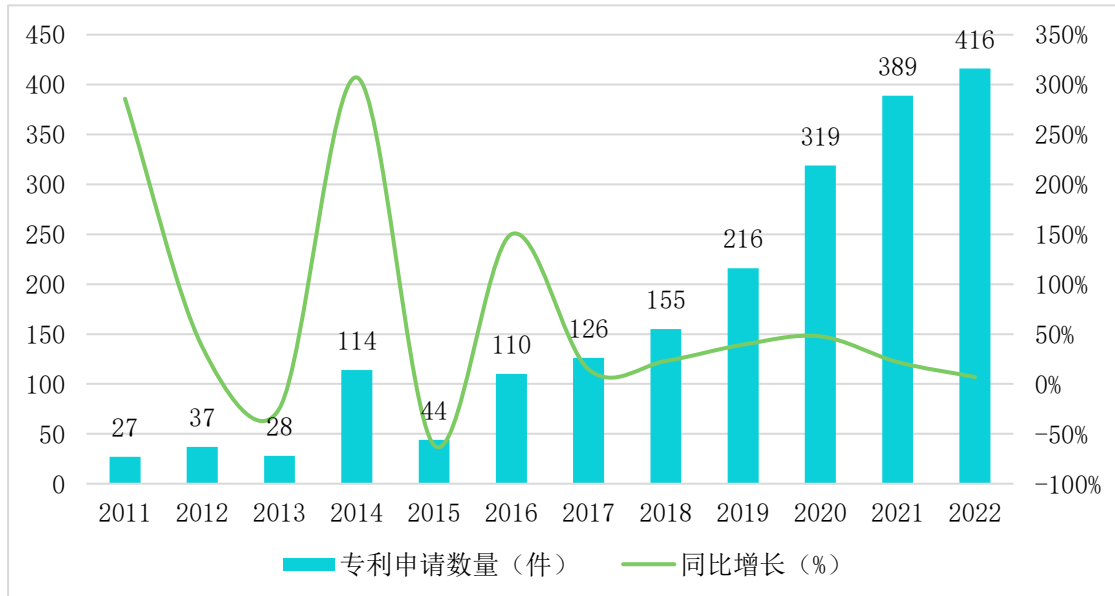


数据来源: Rain Pat, 高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

从 3D 视觉技术专利申请情况来看，截至 2022 年末，中国 3D 视觉相关专利申请共有 1990 件。其中，发明专利 1126 件，占比为 56.58%；实用新型专利 564 件，占比为 28.34%；

发明专利 195 件，占比为 9.80%；外观设计专利 105 件，占比为 5.28%。2022 年中国 3D 视觉相关专利申请数量为 416 件，同比增长 6.94%。

图表 39 2011-2022 年中国 3D 视觉相关专利申请情况（单位：件，%）



数据来源: Rain Pat, 高工机器人产业研究所 (GGII) 整理

总体而言，视觉技术正蓬勃发展，但机器视觉部分技术还未达到应用预期，但近年来已经有较大的突破与进步。如 3D 视觉，2016 年以前，受制于成本与技术成熟度，真正落地应用的项目较少，2019 年以后，随着入局 3D 视觉的企业越来越多，技术在实践中得到较大的提升，同时产业链的愈加完善也加快了成本的下降，3D 视觉的落地应用正在加速。

第五节 机器视觉技术发展趋势分析

一、视觉相机分辨率持续提升

视觉检测应用对高分辨率的需求不断提高，所以工业相机的分辨率变得越来越高。工业应用中检测精度从早期的毫米量级，目前已达到了微米量级左右。如 3C 高端应用的定位和测量精度，已达到在 $5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 左右，可预见的是未来几年将达到 1 微米甚至达到亚微米级。

工业应用推动着相机的分辨率从早期工业相机芯片分辨率 VGA (320×400 Pixel)，发展到了分辨率 2.5 亿像素。线扫描相机则从早期的 512 单线相机分辨率发展到了 32K 分辨率。到目前为止，CMOS 芯片的像元已可设计最小到 $1\mu\text{m}$ 左右，国内高端芯片公司已有能力设计 2.5 至 6 亿像素的芯片。

工业相机的成像分辨率，已在最近的 10 年里基本超越了人眼的极限分辨力，正在解决人类历史中未曾遇见过的检测精度难题。考虑到半导体工艺、光学衍射极限和成本的三方限制，芯片分辨率不能无限提高，为达到提高图像有效分辨率的同样效果，许多公司利用 ISP 算法辅助技术可能是实现超高精度的最佳技术路径。

二、从单一光谱到多/高光谱发展

在视觉检测应用中，80%的应用使用可见光谱段中的某个单一谱段进行检测，如宽谱段（如400~700nm 或 900~1700nm）谱段或窄带光谱（通常使用某中心谱段±30nm 的带宽）结合黑白成像芯片进行检测。

随着工业应用检测需求的复杂化及多目的化，单一谱段信息难以满足要求，需要同时获得多种光谱图像信息，才能获得更高的对比度或更多的视觉信息全貌。

机器视觉行业内部目前还没有统一的学术定义来明确多光谱和高光谱的界限，通常把图像谱段信息不超过四个的相机称为多光谱相机，超过四个谱段则称为高光谱相机。

最容易理解的多光谱相机是使用 Bayer 算法或棱镜分光技术的彩色可见光相机，可同时获得 R、G、B（红、绿、蓝）三光谱信息，与人眼直观感受相似。目前市面上使用最多的多/高光谱相机是通过在芯片前端镀不同的窄带滤光膜实现。欧洲 IMEC 已实现单像素级的镀膜技术，在 CMV2000 的 2048*1088Pixel 的面阵芯片上进行镀膜使得芯片在 470nm~900nm 谱段可分出高光谱数达到 150 个谱段，每个谱段精度不高于 3nm。

三、2D 视觉到 3D 视觉的延伸

随着智能制造的不断深入，面对复杂的物件辨识和尺寸量度任务，以及人机互动所需要的复杂互动，2D 视觉在精度和距离测量方面均出现部分技术局限，市场对 3D 视觉的需求开始与日俱增。

虽然 3D 视觉系统目前在整个视觉系统中的占比较小，但不可否认的是，3D 视觉正以肉眼可见的速度快速成长。越来越多基于 3D 立体视觉、结构光或激光技术的 3D 视觉系统开始在各行业场景快速落地应用。

毫无疑问，3D 视觉技术的发展，将很大程度上填补 2D 视觉的应用空白，并且可以更好的满足对于高精度定位、抓取、检测等场景的需求。

四、集成更多 AI 智能

全球机器行业已渡过由硬件和场景驱动的阶段，正式进入算法驱动的时代。随着终端应用场景复杂化、测试标准提升，行业对软件平台的运行效率、完善度、精准度等都提出更高

的要求。

随着机器视觉在工业领域上的应用越来越深入，机器视觉的功能也开始呈现智能化的趋势。根据其智能模块的实现方式，工业相机大致上可以分为可配置型系统、嵌入式系统与智能相机型三大类。但不论是哪种工业相机，除了少数特殊应用场景，其所使用的工业相机都在向边缘智能方向发展，甚至工业相机本质上就是一台内建 CPU、记忆体，可以执行各种视觉演算法的嵌入式系统。在可以预见的将来，机器视觉与 AI 智能的结合度将越来越高，尤其是以深度学习为代表的算法层面。

深度学习算法现已在诸多工业应用场景中替代了传统算法，相信未来将会有更多的智能相机将搭载 TPU 芯片，出现更多嵌入式化的深度学习智能相机产品。

GGII 认为，智能化发展是工业场景的必经之路。针对智能化算法在工业领域应用存在的不足，部分视觉厂商已经提出了“小样本训练技术”、“使用自适应均衡策略的神经网络”等解决方案，ChatGPT 大模型的出现，为 AI 与机器视觉的融合提供了更多想象力，机器视觉+AI 的进程将有望加速。

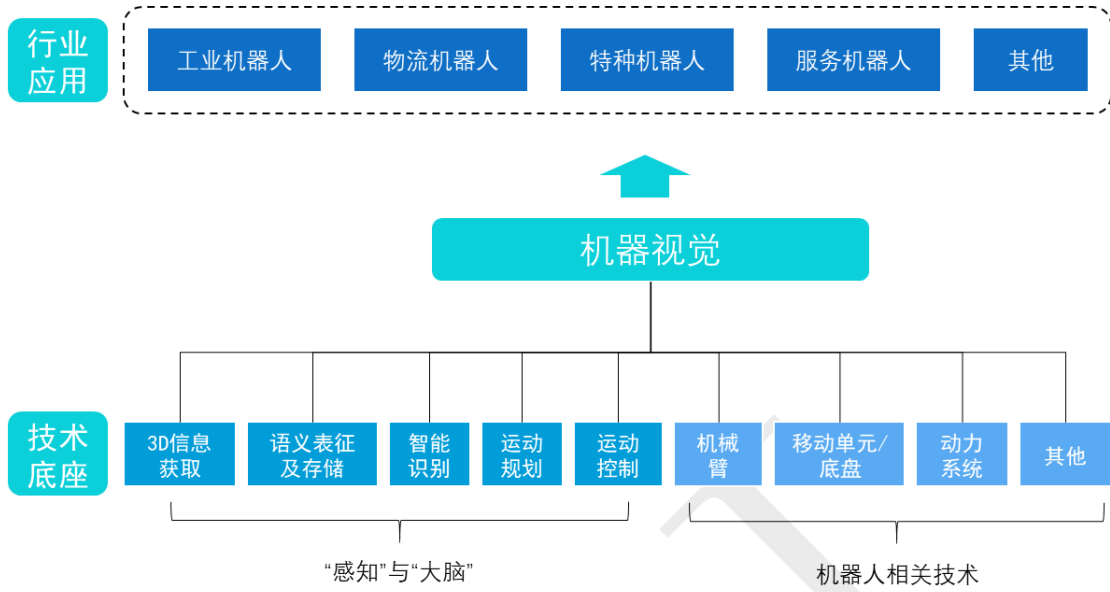
五、机器视觉向机器人视觉进化，多模态向跨模态升级

麦拉宾法则指出，人的交互过程中有 55% 的信息通过视觉传达，如手势、表情、外表、妆扮、肢体语言、仪态等；有 38% 的信息通过听觉传达，如说话的语气、情感、语调、语速等；剩下只有 7% 来自纯粹的语义，ChatGPT 是靠语义输入的，这部分仅占人类交互中的 7%。

多模态大模型能够将不同模态的信息融合在一起，实现跨模态的理解、生成和推理，与人类大脑的功能最为接近。

与人类类比来看，视觉信息在所有感知信息中占比超过 55%，也将是人工智能感知世界最重要的信息源。具身智能的趋势下，具身智能机器人的实现有赖于感知和认知能力的提升，其所需要的视觉能力更多是面向复杂环境变化的感知和交互能力，其中类人眼的小型化、3D 式嵌入式器件会是需求方向之一，在产品形态以及技术实现上都与传统机器视觉存在巨大差异，机器视觉将向机器人视觉不断进化。

图表 40 机器视觉的技术底座及机器人行业应用

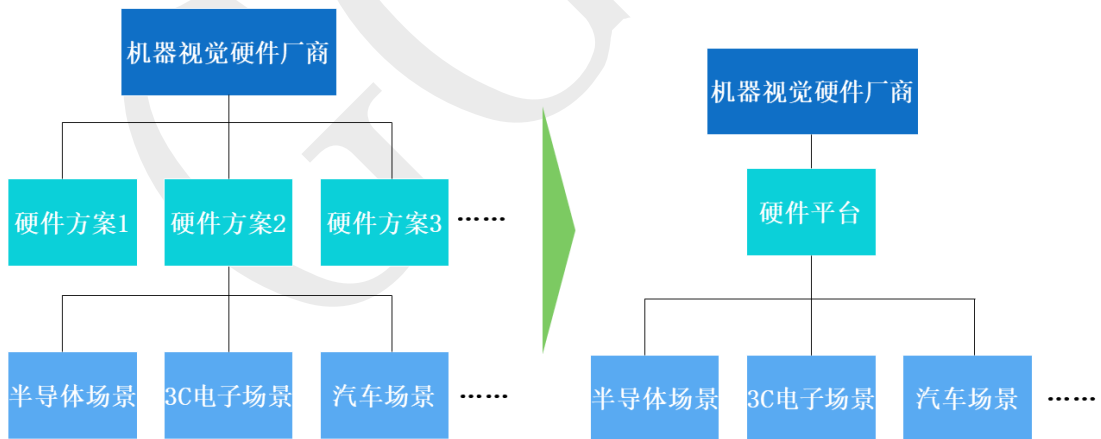


资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

六、硬件平台化，软件精细化

过去很长一段时间，国内视觉硬件方案商的产品方案中定制化成分占比居高不下，甚至部分厂商仅针对某个客户或某个场景进行高度定制。未来随着各个行业机器视觉渗透率的提升，硬件产品方案会向标准化、平台化不断演进。

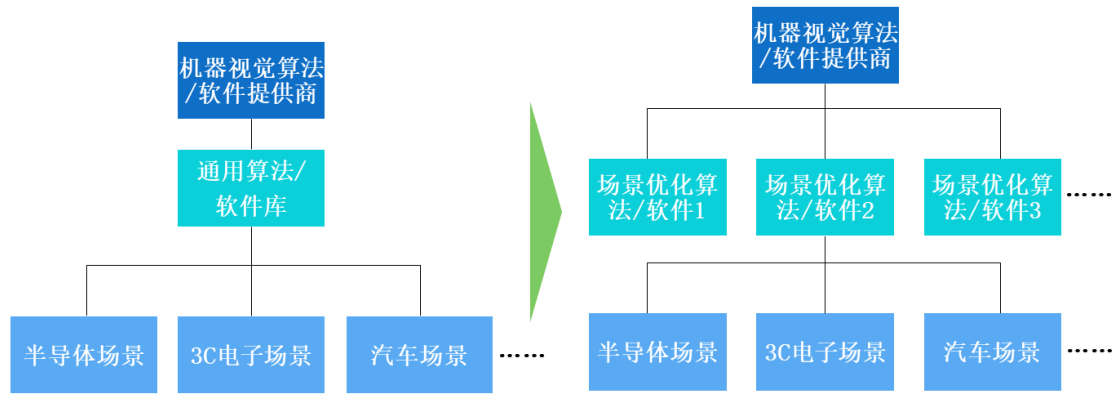
图表 41 机器视觉硬件方案变化趋势



资料来源：公开资料，企业访谈，高工机器人产业研究所（GGII）整理

机器视觉下游应用场景多样，除了泛半导体、消费电子、新能源等主要场景外，还存在大量长尾场景，不同场景对于机器视觉系统的要求存在较大差异。由于不同场景的差异性，通用算法/软件库难以在各个场景发挥最大的效用，市场需求与竞争倒逼视觉软件厂商开始针对不同场景持续优化自身算法/软件，行业整体向着定制化、精细化发展。

图表 42 机器视觉软件方案变化趋势



资料来源：公开资料，企业访谈，高工机器人产业研究所（GGII）整理

第五部分 应用篇

第五章 机器视觉产业化应用之路

第一节 细分场景应用需求分析

图表 43 机器视觉主要应用场景描述

功能	识别	测量
描述	甄别目标物体的物理特征，包括外形、颜色、图案、数字、条码、人脸、指纹、虹膜识别等。	把获取的图像像素信息标定成常用的度量衡单位，然后在图像中精确地计算出目标物体的几何尺寸。
图片		
功能	导引与定位	检测
描述	在识别出物体的基础上精确给出物体的坐标和角度信息，自动判断物体位置。	对目标物体进行外观检测，主要检测表面装配缺陷、表面印刷缺陷以及表面形状缺陷等。
图片		

资料来源：公开资料，高工机器人产业研究所（GGII）整理

从细分场景应用来看，机器视觉在工业领域中的应用主要为识别、测量、定位和引导、检测。其中：

定位是占比最大的应用领域。视觉定位是指基于视觉定位的应用能够快速准确的找到被测零件并确认其位置。视觉定位功能广泛应用于各个细分行业，如 3C 行业的工件定位，锂电行业的卷绕定位对齐、半导体行业的精密定位等，目前在部分 3C 高端应用的定位和测量精度，已达到 $5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ 左右，可预见的是未来几年将达到 1 微米甚至达到亚微米级。

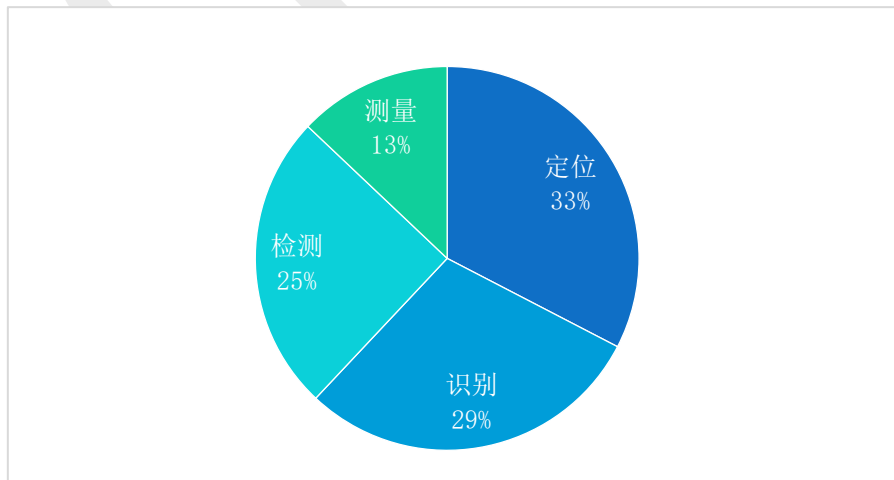
此外还有部分视觉定位功能是通过搭载或搭配机械臂来实现的，主要应用于工业场景中的上下料、拆码垛、无序分拣等场景。早期的视觉定位更多通过机器人视觉引导定位、手眼标定等技术应用于点胶、拼装等工艺环节中，应用场景相对较窄。但随着 3D 视觉的不断发展，以及疫情影响下工业场景对于“机器换人”的需求大幅提升，使 3D 视觉的各类解决方案快速走进了工业领域，渗透率快速提升。

自动化识别目前在 3C 电子、新能源、物流等行业中的应用颇为广泛，基于行业特性，需要对产品或物件信息进行扫描、识别、读取、记录，导致这类行业对于机器视觉的识别功能要求相对较高。相对于传统的人眼识别记录，机器视觉识别频次高、误差率低，能够有效地提升产品生产效率及安全性，因此，视觉识别也被广泛应用于工业场景中。

检测是机器视觉工业领域最主要的应用之一，可实现基于二维和三维图像的缺陷检测，检测出残次品，保证生产质量。检测占机器视觉应用约为 25%，主要是因为 3C 电子、汽车、新能源、半导体等机器视觉下游行业对于产品自动化检测需求不断提升，同时对于检测精度要求也在快速提高，使机器视觉产品在这些下游行业中的渗透率快速提升。

测量应用主要集中在汽车、物流、重工等行业，这类行业对于工件或物品的形状、体积、尺寸等方面具有一定测量需求。以汽车行业为例，在汽车零部件生产过程中，由于涉及后续成品组装，对于车架、门板、前后盖等一系列零配件的尺寸需要进行严格把控，因此对于测量需求也相对较为严格。随着机器视觉在测量领域的应用逐渐深入，其对比人眼检测的优势也更加明显，因此现阶段越来越多的制造型企业采用机器视觉来满足自身对于产品测量的需求。

图表 44 2022 年中国机器视觉细分场景应用分布情况（单位：%）



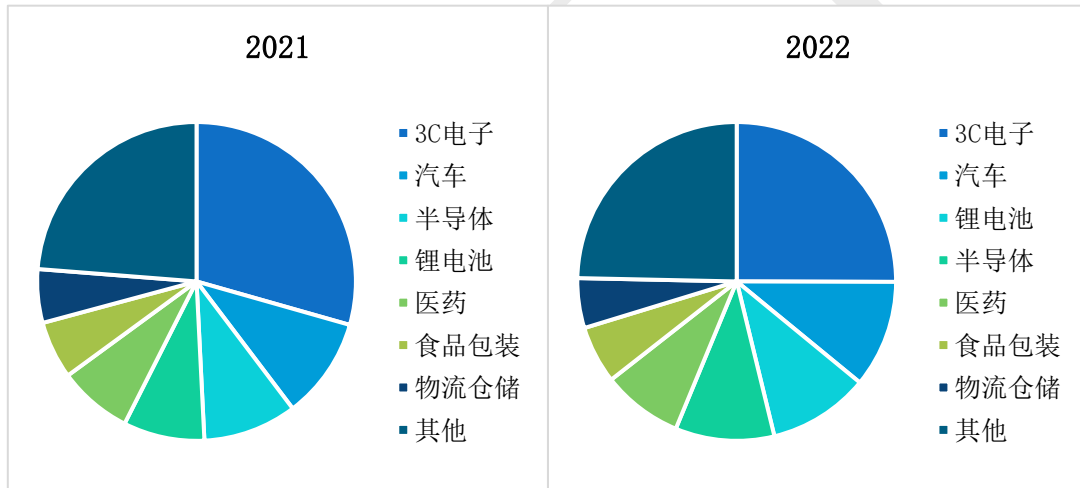
数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

第二节 下游各行业需求分析

在制造业生产中，机器视觉广泛应用于辅助生产，如电子与半导体（集成电路、PCB、电子元件、晶圆、平板显示等）、汽车（汽车零部件）、锂电池、食品包装和包装印刷以及物流等行业。2022年，3C电子行业下行压力增大，导致对机器视觉需求疲软，全年下游市场支撑量主要来自于新能源、半导体以及新能源汽车等行业。

GGII 数据显示，2022年，3C电子行业受市场需求疲软影响，固定资产投资欲望降低，导致全年机器视觉需求增速出现下滑。3C电子行业虽然需求增速下滑明显，但仍是机器视觉下游应用占比最大的行业，市场份额约为25.0%，同比2021年下滑明显；其次为汽车行业，市场份额约为10.9%；锂电池行业需求占比提升明显，从2021年的8.2%提升至2022年的10.3%。

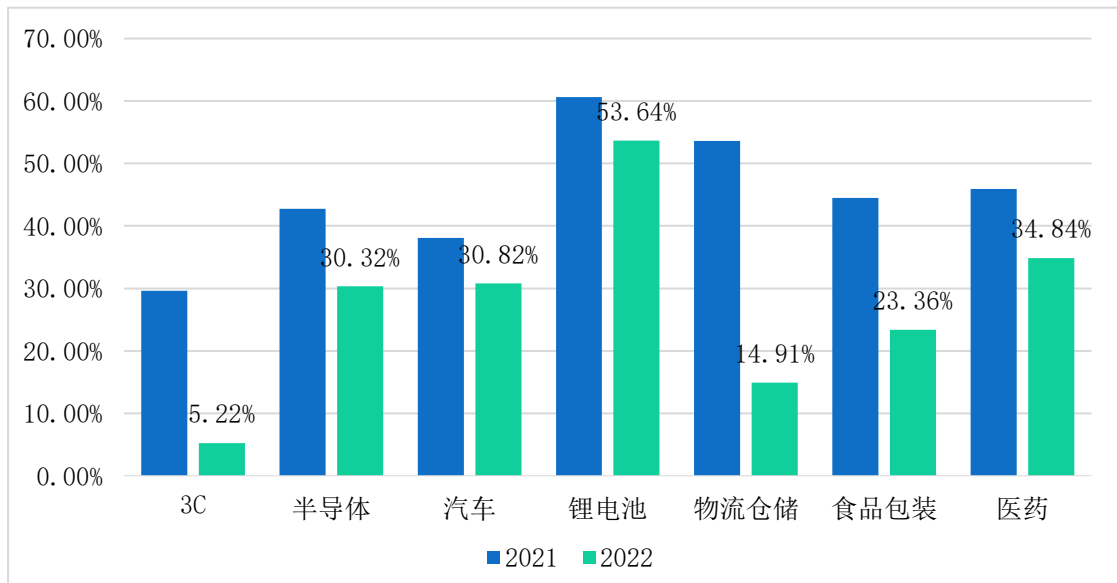
图表 45 2021-2022 年中国机器视觉细分应用市场份额占比（单位：%）



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

从细分行业来看，2022年，绝大部分行业的需求增速相较于上一年均有所下滑，其中以3C行业下滑最为明显，其次是物流仓储领域，亦呈现较大幅度的下滑。锂电池、医药、半导体与汽车行业的降幅相对小，亦是2022年中国机器视觉需求的主要拉动力，GGII判断，受外部宏观环境的影响，下游行业的周期性轮动已渐成常态，机器视觉未来几年的增长动力将主要来自于几个方面，一是以新能源为代表的增量市场需求；二是随着视觉技术的持续提升，可以更好的满足下游市场中应用深度和难度更高阶的市场需求；三是长尾市场中由自动化向智能化进阶过程中的市场需求。

图表 46 2021-2022 年中国市场下游细分行业机器视觉需求增速



数据来源：高工机器人产业研究所（GGII）

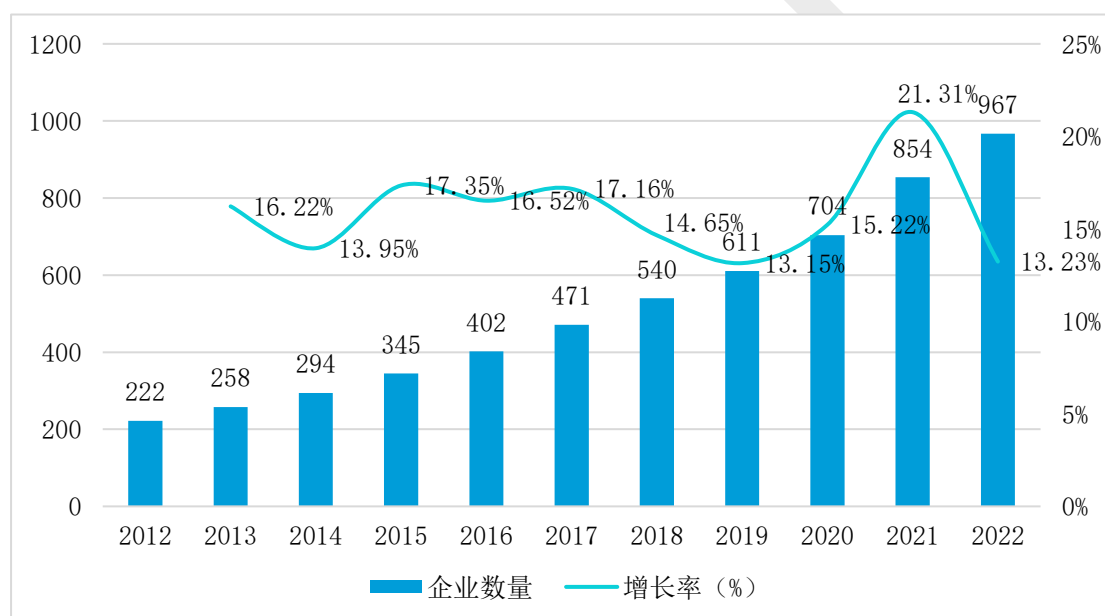
第六部分 前景篇

第六章 机器视觉发展展望

第一节 企业数量

从机器视觉厂商的数量来看，2012年中国机器视觉厂商数量222家左右，到2022年中国机器视觉厂商数量达到967家，且还在持续增长。预计未来几年，新进厂商还将持续增加，同时，随着市场竞争的不断深入，不可避免的也会有厂商被淘汰出局，综合判断，GGII预计未来几年机器视觉厂商数量的年均增速在10%左右，到2026年中国市场机器视觉厂商数量在1400家左右。

图表 47 2012-2022 年中国机器视觉行业企业数量及增长情况（单位：家，%）

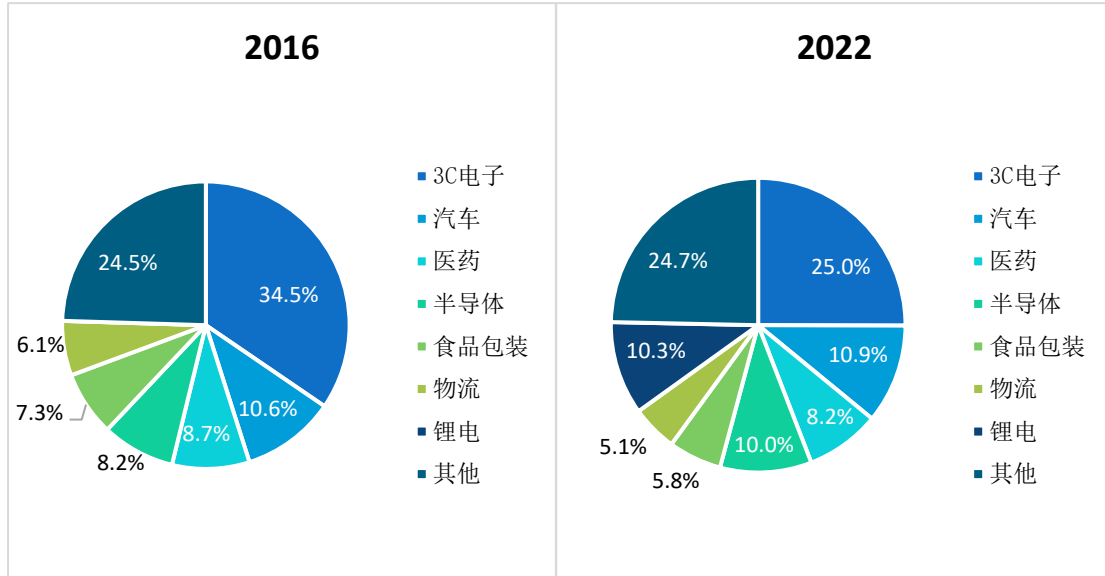


数据来源：高工机器人产业研究所 (GGII)

第二节 行业应用

从数据上看,经过数年的发展,中国机器视觉在下游行业中的渗透率逐年提升。2016年,中国机器视觉的下游行业应用分布中以3C、汽车、医药、半导体、食品包装等为主要代表,其中3C行业占比超过1/3。2022年,中国机器视觉下游行业应用中新增了更多的细分行业,其中以锂电池为代表的新能源行业系过去几年最大的需求增量支撑。

图表 48 2016-2022 年中国机器视觉主要下游应用行业分布变化情况 (单位: 亿元)



数据来源: 高工机器人产业研究所 (GGII)

从短期来看,宏观经济的承压,制造业需求动能的缓慢释放将不可避免对机器视觉的需求造成一定的压力,导致整体需求增速相对放缓。

中长期来看,中国制造业由自动化向智能化升级的趋势愈加明显,其中对于智能设备、智能软件、智能传感等相关产品的需求将形成长期的拉动效应,机器视觉作为AI+工业的典型载体,其应用正从点一线一面的路径延伸开来,视觉技术的持续进步将为产业化应用带来更大的助力。

第三节 内外资竞争

2015 年以前，中国机器视觉行业主要由外资主导，但是随着近年来国产品牌在机器视觉产业链中的深耕，凭借高性价比以及贴近下游用户的优势，获得了快速发展的机会，截至目前，中国市场机器视觉各大核心部件的国产化份额均已超过 70%，其中光源国产化率超过 90%，镜头国产化率 80%左右，2D 相机国产化率超过 70%，3D 相机国产化率超过 60%，视觉软件国产化率超过 40%，视觉产业链国产化率提升明显。

随着行业竞争愈发激烈，国内机器视觉企业开始逐渐地向不同的方向发展，根据企业发展路径的不同，可以大致分为三类：

一是致力于核心硬件标准化的视觉硬件厂商；

二是专精于细分工艺，追求高价值场景应用的视觉厂商；

三是通过大量项目案例落地，积累丰富工艺经验，致力于将复杂解决方案实现标准化的厂商。

从内外资竞争角度看，2D 视觉领域外资具备较强的先发优势，国产 2D 视觉的发展进程可以总结为国产化替代的过程。相比之下，3D 视觉内外资起步差距并不大，只是技术路线与应用领域有所差异，外资 3D 厂商更多应用于检测领域，国产 3D 厂商更多应用定位引导领域。GGII 判断，在 3D 定位引导领域，国产 3D 视觉厂商优势已经持续巩固，未来有望引领行业发展；在 3D 检测领域，外资品牌依然处于主导地位，国产处于追赶状态，预计未来五年国产品牌份额有望超过外资品牌份额。

第七部分 企业篇

第七章 蓝皮书参编单位介绍

第一节 梅卡曼德

一、企业简介

成立时间：2016 总部：北京

梅卡曼德机器人由清华海归团队于 2016 年创办，致力于推动智能机器人无所不在的存在。总部位于北京和上海，在深圳、长沙、青岛、杭州、广州、郑州、德国慕尼黑、日本东京、美国芝加哥、韩国首尔等多个城市有所布局，业务覆盖中、日、德、美等 50 余国家和地区。是全球 AI+工业机器人领域在融资额度、技术能力全面度、落地案例数量、应用领域广度等方面均处于领先地位的公司之一。第三方权威机构报告显示，梅卡曼德连续三年（2020-2022）在中国 3D 视觉引导工业机器人领域市占率第一。

梅卡曼德当前团队规模超 700 人，技术团队中有众多来自清华、卡耐基梅隆、慕尼黑工大、加州理工、麻省理工等国内外顶尖院校的工程师。公司在 3D 感知、视觉和机器人算法、机器人软件等领域积累深厚。

梅卡曼德已成功入选国家级专精特新“小巨人”企业，获得来自 IDG 资本、美团、红杉中国、源码资本、英特尔资本、启明创投等机构的多轮支持，累计融资额超 15 亿元。

梅卡曼德致力于为集成商伙伴提供成熟易用的 3D 视觉产品，以及技术、交付、培训、市场等全链路支持。倾力协助集成商伙伴提升竞争力、实现业务增长，是系统集成商都在寻找的 AI+3D 视觉好伙伴。其自研 3D 传感器及配套工业软件已经在汽车、物流、工程机械、3C、新能源等众多领域实现规模化交付，全球落地 3000+实际案例。典型应用涵盖无序工件上下料、视觉引导拆码垛、高精度定位装配、轨迹涂胶/喷胶、工业检测/量测等。

二、核心技术

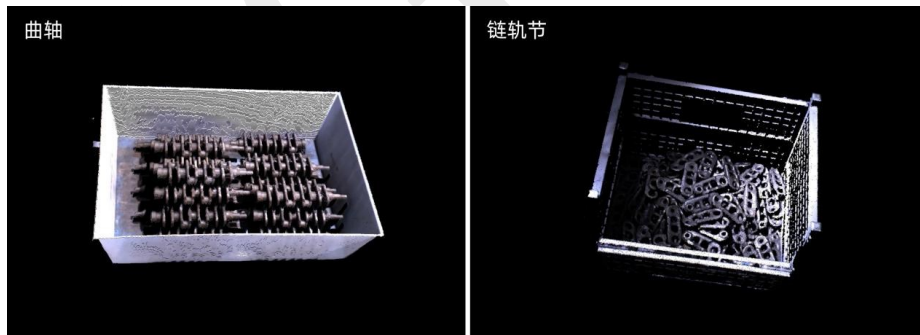
1、可大幅提升 3D 相机抗环境光能力的激光结构光投影技术

在物流仓库、制造业工厂、汽车车间等广泛工业场景中，出于节约能源目的，常常使用大面积落地窗进行采光。复杂多变的光照条件及强烈的环境光，易对 3D 相机的成像效果造成严重干扰，影响 3D 相机的成像效果。梅卡曼德经过在客户现场长期调研发现，典型厂房的环境光强度在 15000lx-20000lx 之间，夏季甚至更高。

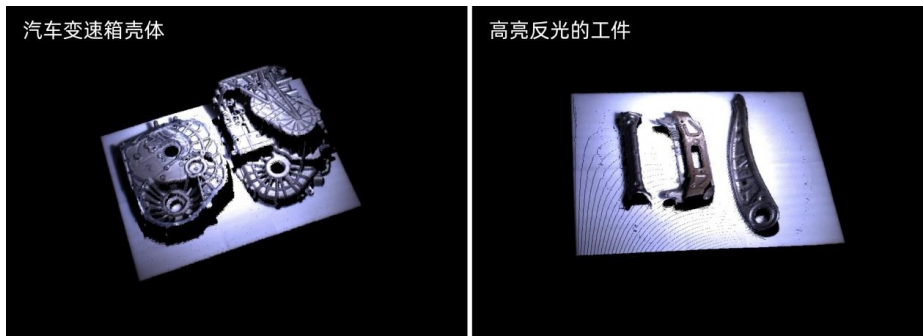


(被环境光干扰的厂房示意)

基于实际现场存在的大量环境光干扰问题，梅卡曼德自主研发了第四代 Mech-Eye LSR 工业级激光 3D 相机，其能满足 $1.2 \times 1.0\text{m}$ 至 $3\text{m} \times 2.4\text{m}$ 超大视野应用需求，适合于大工件、大托盘、深框抓取等场景。内置自研激光结构光投影技术，能够在强环境光 ($>300001\text{x}$) 的环境下对各类典型工件生成高质量点云数据。Mech-Eye LSR L 在 $>1000001\text{x}$ (室外夏季正午阳光强度) 条件下仍可成像。Mech-Eye LSR L 精度高、速度快，抗环境光性能、抗反射光性能优异，具有十分明显的优势。



(Mech-Eye LSR L @2.0m, 点云在 $>300001\text{x}$ 环境光照度下采集)



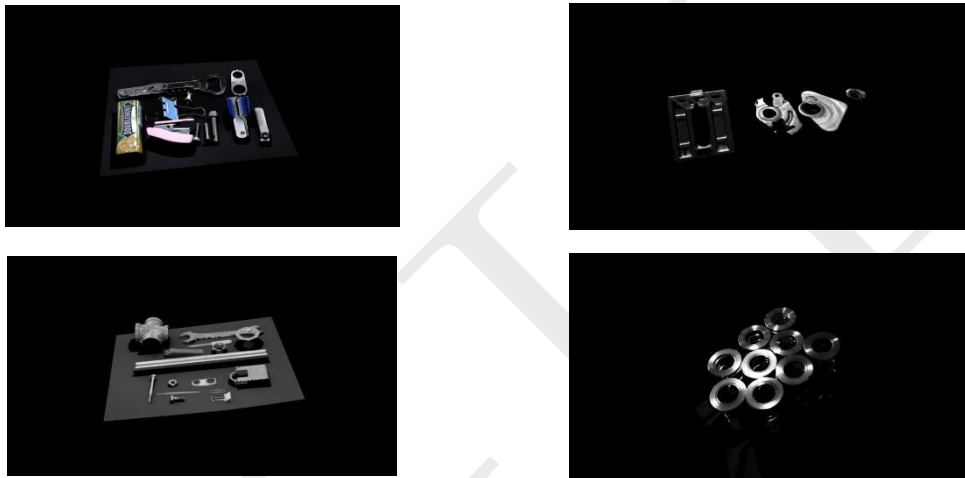
(Mech-Eye LSR L @2.0m, 点云在 $>300001\text{x}$ 环境光照度下采集)

Mech-Eye LSR L 适合于工件上料、定位/装配等各种典型机器人引导类需求，已被广泛应用于物流、汽车、家电、重工等领域数百个案例中。

2、可大幅提升 3D 相机对高亮反光物体成像效果的 AI 三维重建技术

工件上下料、高精度定位/装配、视觉引导涂胶/喷胶等 3D 视觉典型应用场景，存在大量的高亮反光工件。物体表面反光强烈，会给 3D 相机的成像效果带来极大的影响，进而影响 3D 视觉系统在产线上运行的稳定性。

梅卡曼德将人工智能与三维重建相结合，基于被测物体的先验知识，通过深度学习方法对场景三维信息进行重建，可大幅提高对反光物体的成像效果。



(各类高亮反光工件点云图)

3、可大幅提升微小缺陷检出率的 AI 小尺寸缺陷检测技术

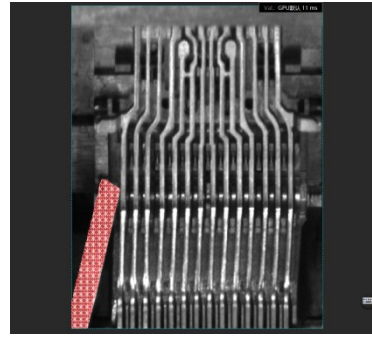
在工业场景缺陷检测应用中，同类产品的缺陷尺寸差异大，且会有细小、不易捕捉到的缺陷。以电子元件的缺陷检测为例，由于不同原因（焊接或划伤）所导致的缺陷在视觉获取效果上差异很大。通常焊接导致的缺陷相对较明显，与正常部位差异较大；由划伤所导致的划痕在大多数情况下都非常细小，视觉检测难度大。

除缺陷种类的差异外，相同工艺段中由于设备因素导致的工件缺陷，检测需求差异也相对较大。以电芯极焊接工艺的缺陷检测为例，电芯极焊接过程中，可能会产生电芯极焊穿孔、漏焊、及电芯极金属工件变形等情况。因此，对于人工智能检测系统的泛化性要求较高。

梅卡曼德自研出基于自适应均衡策略的神经网络，不仅可以让网络更好的学习检测微小缺陷，同时还可以提升网络收敛速度，加快迭代。



左：锂电池极耳焊接缺陷检测结果



右：连接器缺陷检测结果

4、可应对贴边/深框/异形等复杂情况的机器人抓取规划技术

贴边、深框、异形等复杂情况常见于各类工件抓取应用中。梅卡曼德自研机器人抓取规划技术，可让机器人快速识别深框内乱序堆叠的工件，辨别其正反、姿态、朝向，准确计算其空间位置，完整覆盖绝大部分深框抓取现场需求。

梅卡曼德 Mech-Viz 机器人编程软件支持工件对称性及抓取裕度配置，可自动扩展每个待抓取工件的抓取姿态角度选择，从而获得大量有效抓取路径。借助于自研高效碰撞检测算法，以及 Mech-Vision 灵活且易于上手的工件排序配置，软件可快速筛选出无碰撞的机器人抓取路径，规避深框抓取场景中机器人、夹具与料框的干涉，引导机器人安全、准确到达抓取位置，并将工件安全取出。



（贴边/深框/异形工件抓取场景）

5、可针对海量物体的免注册任意物体抓取技术

在视觉引导定位抓取应用中，通常需要面对种类极多的货品 SKU。消费品、日用品公司的典型发货仓库中，货品 SKU 数量的存量少则数万种、多则数十万种，仓库中每日新增 SKU 数量一般在数百或数千种。货品的外形、颜色、包装材质等参数差异大，且 SKU 新增频繁。采用传统的深度学习训练的方式处理各种未知物体，存在成本高、效率低等问题，难以建立成熟的解决方案。

面对这类场景，梅卡曼德基于深度学习算法开发出了任意物体抓取技术。该技术可支持各种货品（包括盒状、瓶状、袋状、黑色、反光、透明包装、异形等），未知及新增货品均免注册。极大地扩展了机器人抓取的应用范围，为货品播种、快递供包、药盒分拣、拆零拣

选等典型物流场景提供了成熟的技术和解决方案。



多品类货品



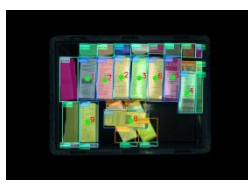
黑色货品



异形货品



堆叠的药盒



紧密贴合的药盒



堆叠的快递包裹

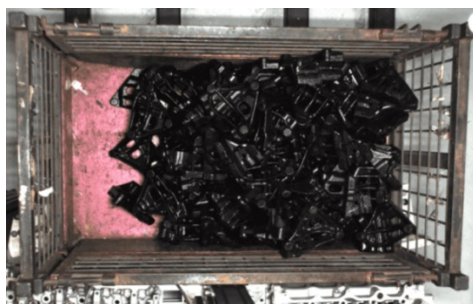
(货品、药盒、快递包裹等物体的识别结果)

6、可显著提升高反光/深框/堆叠/暗色等情况下物体识别率的深度学习技术

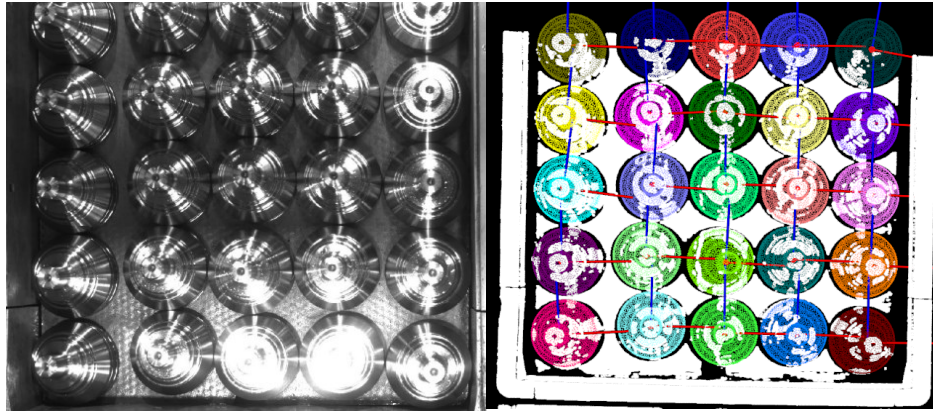
上下料应用广泛存在于汽车、机械、重工等领域，是 AI+3D 视觉应用的重要场景之一。而高反光/深框/无序堆叠等复杂情况常见于各类工件上下料场景中。深度学习模型的准确率会极大影响高反光/深框/无序堆叠/暗色等复杂情况下的工件抓取准确率。

梅卡曼德自研全新深度学习技术，可准确、快速地定位料框中各种摆放姿态的工件，无需传统方法人工标注样本的繁琐工作，有效节约部署时间成本。对于无序上料场景，料框内的工件将呈现各种不可预知的堆叠姿态。梅卡曼德自研深度学习技术可以自动仿真训练各种复杂堆叠情况，极大程度实现无干预清框，满足工业生产对于清框率、稳定性要求。

同样，这一技术通过充分模拟工件材质反光情况，可实现对高亮反光工件的精准定位。另外，对于形状复杂的深色物体来说，其呈现在彩色图上往往一片漆黑，即便人眼也很难辨认有效轮廓细节。梅卡曼德自研深度学习技术基于工件点云特征，能在复杂条件下有效准确预测工件的位置与姿态，实现快速、准确的定位识别。



(深色物体及识别结果)



(高光反光的物体及识别结果)

7、可显著提升测量精度的机器人温度漂移补偿技术

对于在线测量类项目，目前主流的方案是机器人携带 3D 相机对大尺寸工件的各测点进行测量。

机器人持续工作的过程中，自身往复运动会主动发热，以及环境温度的变化，会引起机器人连杆和关节膨胀变形，从而引入温度漂移误差。上述温度漂移误差，会直接影响在线测量等应用的测量精度。

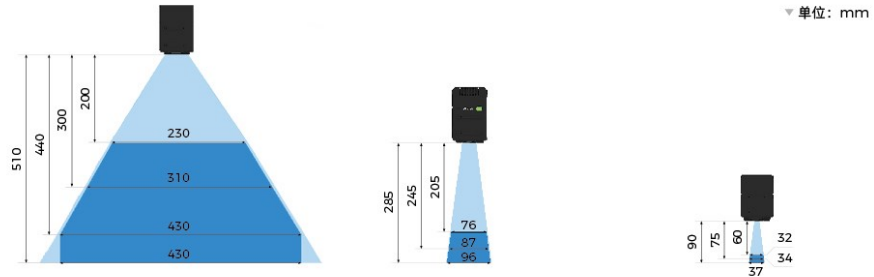
为了消除温度变化对测量精度的影响，梅卡曼德自主开发了温度漂移补偿技术。可计算出机器人的温度漂移，并进一步修正机器人模型参数，从而补偿温度漂移误差对测量精度的影响。

三、核心产品

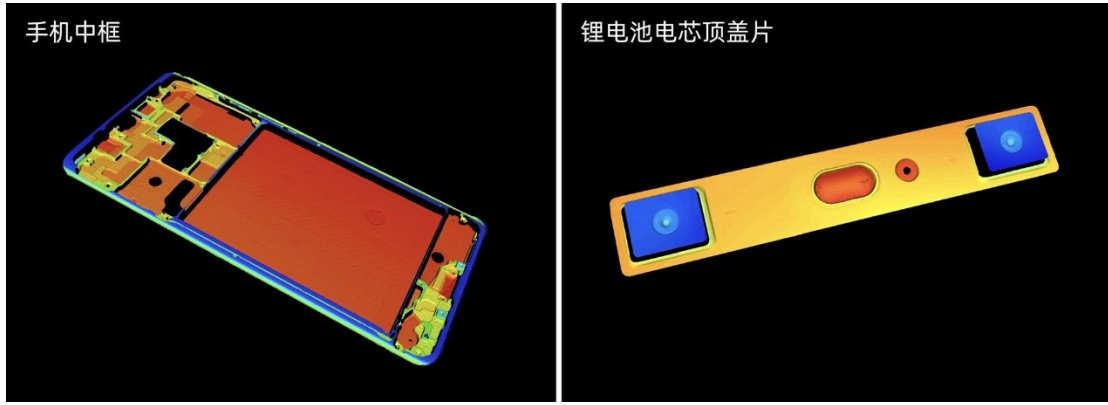
1、全新自研 Mech-Eye LNX-8000 系列 3D 线激光轮廓测量仪

Mech-Eye LNX-8000 系列是梅卡曼德自主研发的 3D 线激光轮廓测量仪。基于先进的光学器件和高速成像算法，Mech-Eye LNX-8000 系列可为每条轮廓提供 4096 个数据点，对物体细微特征生成高分辨率轮廓和高质量点云数据。全画幅扫描速度可达 3.3kHz，满线宽扫描速度可达 15kHz。获取高分辨率 3D 点云的时间更快，满足客户产线实际需求。

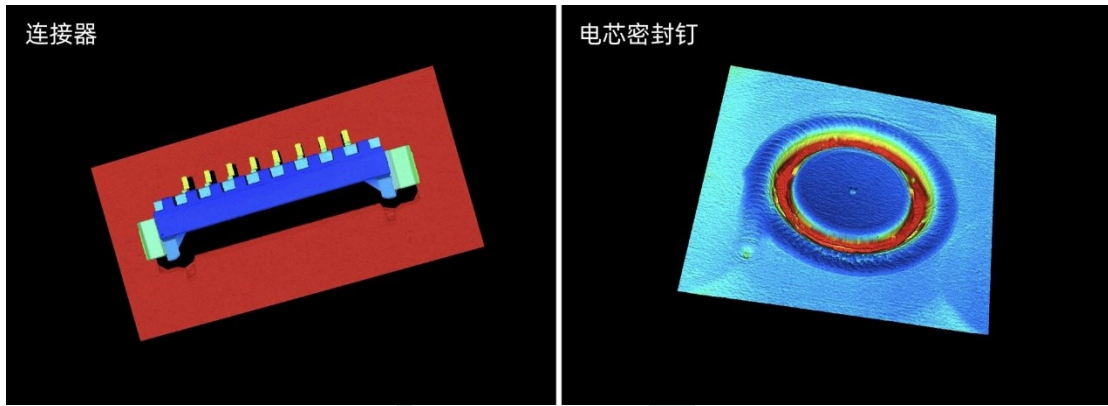
Mech-Eye LNX-8000 系列产品型号齐全，能够满足不同场景对于视野、精度、速度的需求。助力 3C、新能源、汽车、家电等行业客户提升产品品质及生产效率。



型号	LNX-8300	LNX-8080	LNX-8030
轮廓点数	4096	4096	4096
基准距离	300mm	245mm	75mm
测量范围 (Z 轴)	310mm	80mm	30mm
测量范围 (X 轴)	230/310/430mm	76/87/96mm	32/34/37mm
X 轴分辨率	105 μ m	23.5 μ m	9 μ m
Z 轴重复精度	5 μ m	1 μ m	0.4 μ m
Z 轴线性度	$\pm 0.02\%$ of F.S.	$\pm 0.02\%$ of F.S.	$\pm 0.02\%$ of F.S.
扫描速度	3.3-15kHz	3.3-15kHz	3.3-15kHz
尺寸	约 195 × 61 × 105mm	约 182 × 65 × 119mm	约 130 × 61 × 100mm
重量	约 1.2kg	约 1.6kg	约 0.9kg
光源	蓝色激光 (405nm, 3R 类)	蓝色激光 (450nm, 3R 类)	蓝色激光 (405nm, 3R 类)
输入电压	24V DC	24V DC	24V DC
最大功率	25W	25W	25W
通讯接口	千兆以太网	千兆以太网	千兆以太网
工作温度范围	0-45 $^{\circ}$ C	0-45 $^{\circ}$ C	0-45 $^{\circ}$ C
安全和电磁兼容	CE/FCC/VCCI/UKCA/KC/ISED/NRTL	CE/FCC/VCCI/UKCA/KC/ISED/NRTL	CE/FCC/VCCI/UKCA/KC/ISED/NRTL
防护等级	IP67	IP67	IP67



Mech-Eye LNX-8080 @245mm (点云颜色为按高度渲染)



左: Mech-Eye LNX-8080 @245mm

右: Mech-Eye LNX-8030 @75mm

(点云颜色为按高度渲染)

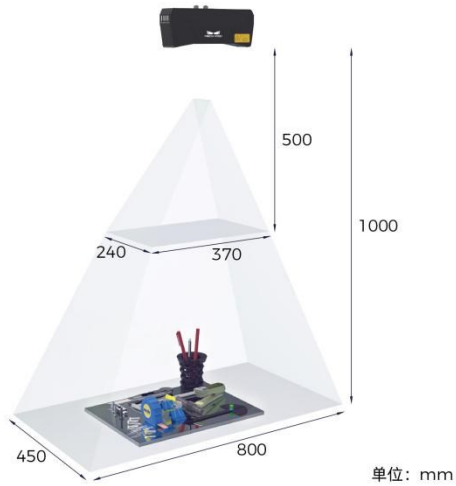
2、高精度结构光工业 3D 相机 Mech-Eye PRO

Mech-Eye PRO 精度高、速度快，视野可满足典型中距离场景作业需求。在较强环境光下 ($>20000lx$)，Mech-Eye PRO 黑白版本可对金属、塑料、木料等不同材质的物体产生高质量点云数据。采用高速结构光技术，可选白光/蓝光，彩色版本能够对色彩鲜艳的物体输出颜色准确的高质量点云，满足实际现场复杂多样的客户需求。

Mech-Eye PRO 已批量应用于制造业工件上下料、高精度定位装配、螺丝拧紧及学术研究等典型应用场景，涵盖汽车、工程机械、家电、一般工业、教育等众多领域。



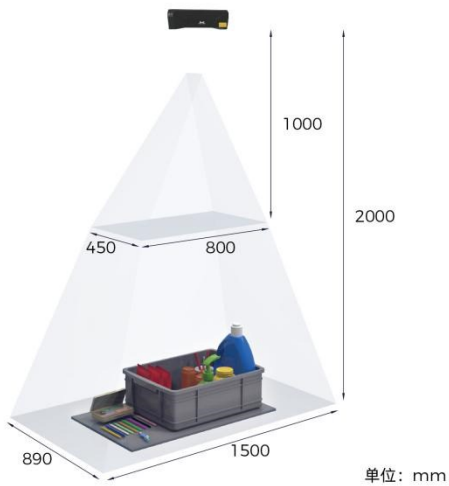
Mech-Eye PRO S



推荐工作距离范围	500-1000mm
近端视场	370 × 240mm @ 0.5m
远端视场	800 × 450mm @ 1.0m
分辨率	1920 × 1200
像素数	2.3MP
Z向单点重复精度 (σ) ^[1]	0.05mm @ 1.0m
VDI/VDE 测量精度 ^[2]	0.1mm @ 1.0m
典型采集时间	0.3-0.6s
尺寸	约 265 × 57 × 100mm
重量	约 1.6kg
光源	蓝光 LED (459nm, RG2)

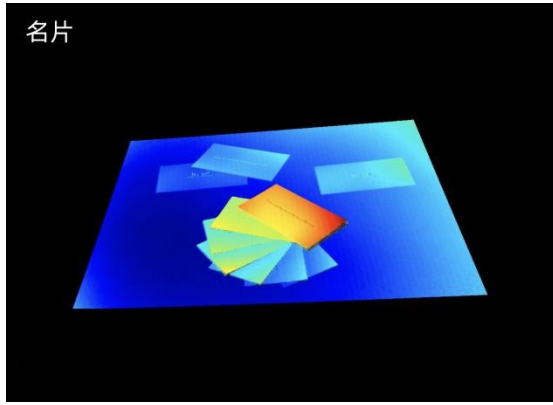
[1] 单点 Z 值测量 100 次的一倍标准差, 测量目标为陶瓷板。
[2] 基于 VDI/VDE 2634 Part II 标准。

Mech-Eye PRO M

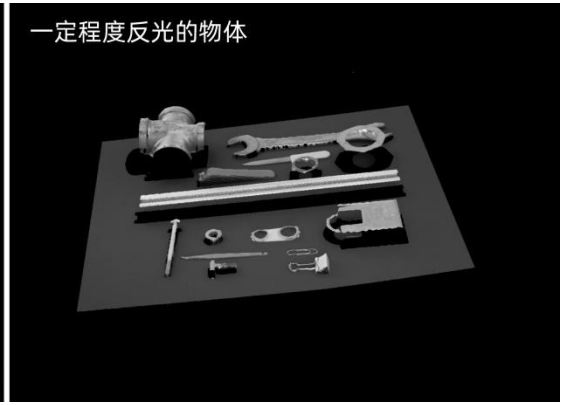


推荐工作距离范围	1000-2000mm
近端视场	800 × 450mm @ 1.0m
远端视场	1500 × 890mm @ 2.0m
分辨率	1920 × 1200
像素数	2.3MP
Z向单点重复精度 (σ) ^[1]	0.2mm @ 2.0m
VDI/VDE 测量精度 ^[2]	0.2mm @ 2.0m
典型采集时间	0.3-0.6s
尺寸	约 353 × 57 × 100mm
重量	约 1.9kg
光源	蓝光 LED (459nm, RG2)

[1] 单点 Z 值测量 100 次的一倍标准差, 测量目标为陶瓷板。
[2] 基于 VDI/VDE 2634 Part II 标准。



左: Mech-Eye PRO S @0.7m



一定程度反光的物体

右: Mech-Eye PRO S @0.6m

(点云颜色为按高度渲染)



左: Mech-Eye PRO S @0.8m



色彩鲜艳的商超货品

右: Mech-Eye PRO M @2m

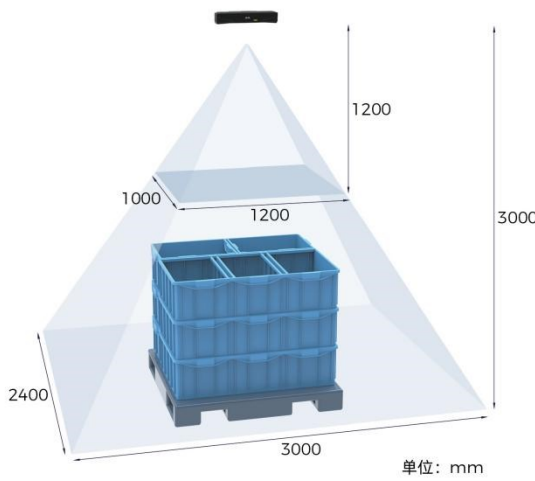
3、工业级激光 3D 相机 Mech-Eye LSR L

Mech-Eye LSR L 高精度、大视野，抗环境光性能优异，适合各类机器人引导需求。在强烈环境光干扰 ($>300001x$) 下，可对各类典型物体产生完整、细致、精确的点云数据；抗反光性能优异，具备彩色点云功能，能够更好应对金属件抓取、拆码垛等不同应用场景需求。

Mech-Eye LSR 已批量应用于各类工件上料、定位、引导涂胶/喷涂/焊接、钢板拣料等典型应用场景。

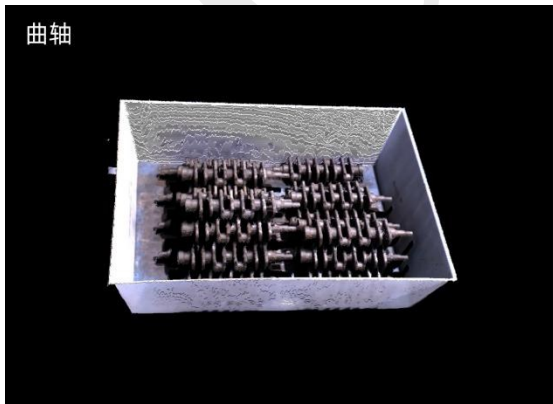


Mech-Eye LSR L

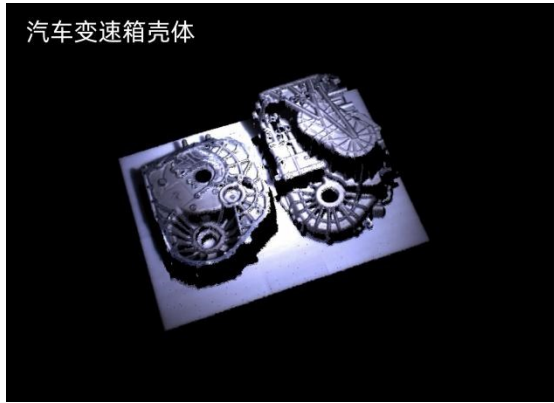


推荐工作距离范围	1200-3000mm
近端视场	1200 × 1000mm @ 1.2m
远端视场	3000 × 2400mm @ 3.0m
深度分辨率	2048 × 1536
RGB 分辨率	4000 × 3000/2000 × 1500
Z 向单点重复精度 (σ) ^[1]	0.5mm @ 3.0m
VDI/VDE 测量精度 ^[2]	1.0mm @ 3.0m
典型采集时间	0.5-0.9s
尺寸	约 459 × 77 × 86mm
重量	约 2.9kg
光源	红色激光 (638nm, 2 类)

[1] 单点 Z 值测量 100 次的一倍标准差, 测量目标为陶瓷板。
 [2] 基于 VDI/VDE 2634 Part II 标准。



Mech-Eye LSR L @2.0m



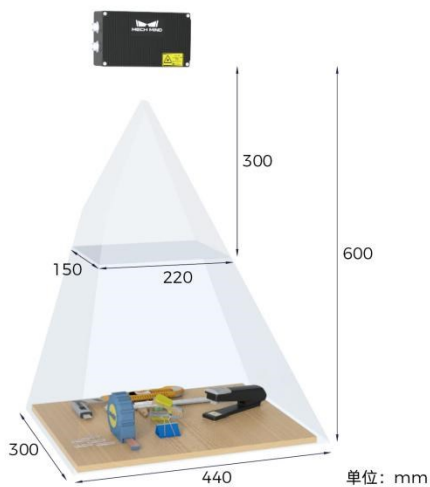
Mech-Eye LSR L @2.0m

4、超小体积工业级 3D 相机 Mech-Eye NANO

Mech-Eye NANO 超高精度，抗环境光性能优异。在 $>600001x$ 环境光干扰下，可对各类典型工件生成高质量点云数据。超小体积，可安装于机械臂上使用。已广泛应用于定位装配、高精度抓取等精细化作业场景。



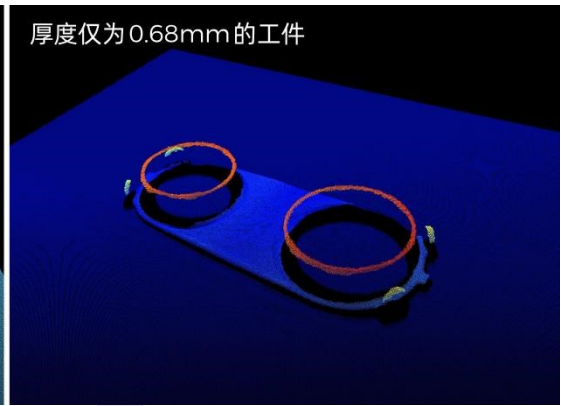
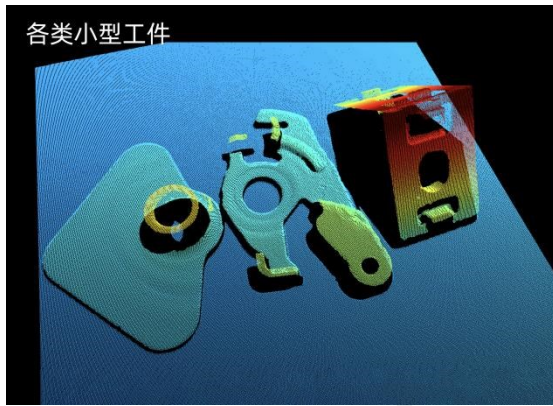
Mech-Eye NANO



推荐工作距离范围	300-600mm
近端视场	220 × 150mm @ 0.3m
远端视场	440 × 300mm @ 0.6m
分辨率	1280 × 1024
像素数	1.3MP
Z 向单点重复精度 (σ) ^[1]	0.1mm @ 0.5m
VDI/VDE 测量精度 ^[2]	0.1mm @ 0.5m
典型采集时间	0.6-1.1s
尺寸	约 145 × 51 × 85mm
重量	约 0.7kg
光源	蓝光 LED (459nm, RG2)
[1] 单点 Z 值测量 100 次的一倍标准差，测量目标为陶瓷板。	
[2] 基于 VDI/VDE 2634 Part II 标准。	



Mech-Eye Nano @0.3m



Mech-Eye Nano @0.3m (点云颜色为按高度渲染)

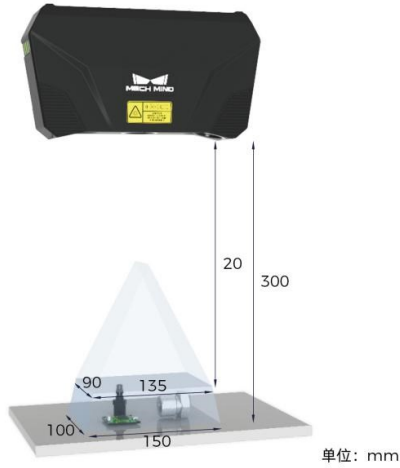
5、微米级精度工业 3D 相机 Mech-Eye UHP-140

Mech-Eye UHP-140 精度达微米级，自研融合成像算法和抗反光三维重建算法。可有效应对工件因结构复杂、材质多样、视觉盲区、异形反光等复杂情况对光学测量造成的干扰。对各类典型特征生成高质量点云数据，从而为前端工艺优化提供指导，助力汽车等行业实现高质量制造生产。

Mech-Eye UHP-140 已广泛应用于汽车零部件生产、分总成拼焊、白车身总成焊接等环节，实现关键特征几何尺寸（如：长、宽、圆直径等）、形位公差（如：位置度、平面度、同轴度等）的高精度测量。

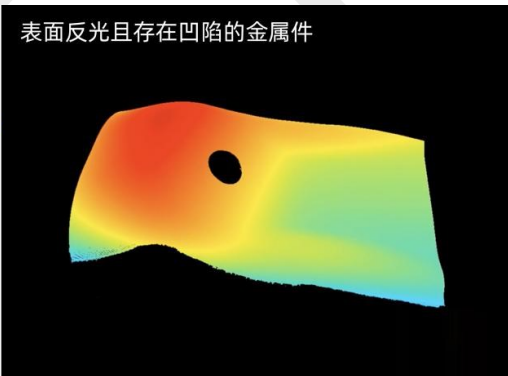
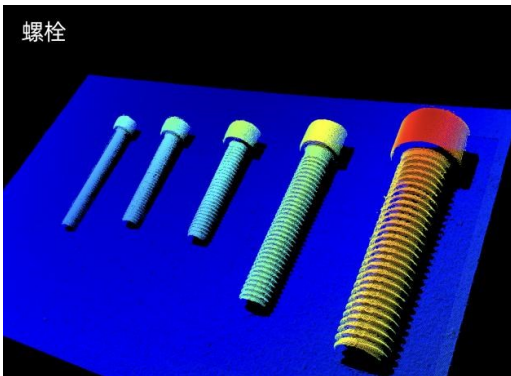


Mech-Eye UHP-140

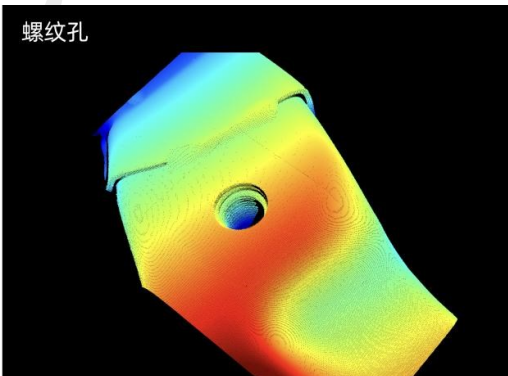
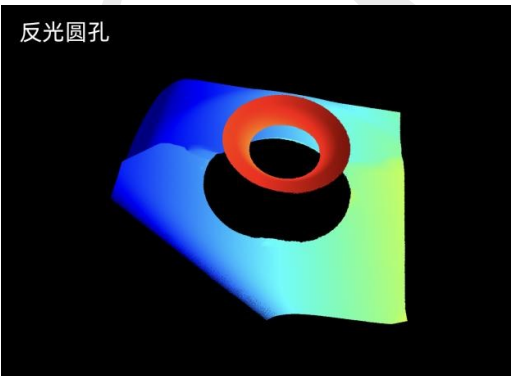


推荐工作距离范围	300 ± 20mm
近端视场	135 × 90mm @ 0.28m
远端视场	150 × 100mm @ 0.32m
分辨率	2048 × 1536
Z向单点重复精度 (σ) ^[1]	2.6μm @ 0.3m
Z向区域重复精度 (σ) ^[2]	0.09μm @ 0.3m
VDI/VDE 测量精度 ^[3]	0.03mm @ 0.3m
典型采集时间	0.6-0.9s
尺寸	约 260 × 65 × 142mm
重量	约 1.9kg
光源	蓝光 LED (459nm, RG2)

[1] 单点 Z 值测量 100 次的一倍标准差, 测量目标为陶瓷板。
 [2] 两个区域的 Z 均值差测量 100 次的一倍标准差, 测量目标为陶瓷板。
 [3] 基于 VDI/VDE 2634 Part II 标准。



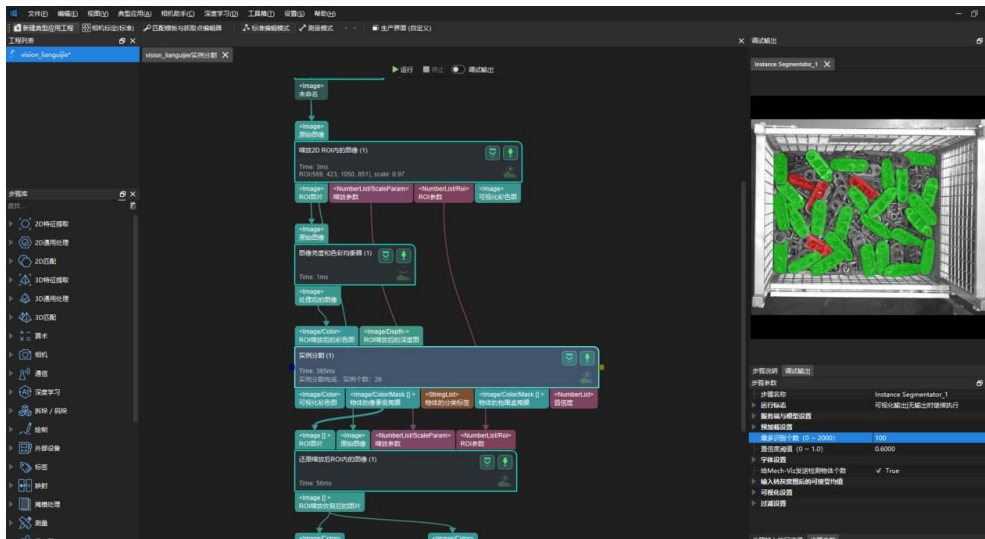
Mech-Eye UHP-140 @0.3m, 点云颜色按高度渲染



Mech-Eye UHP-140 @0.3m, 点云颜色按高度渲染

6、Mech-Vision 机器视觉软件

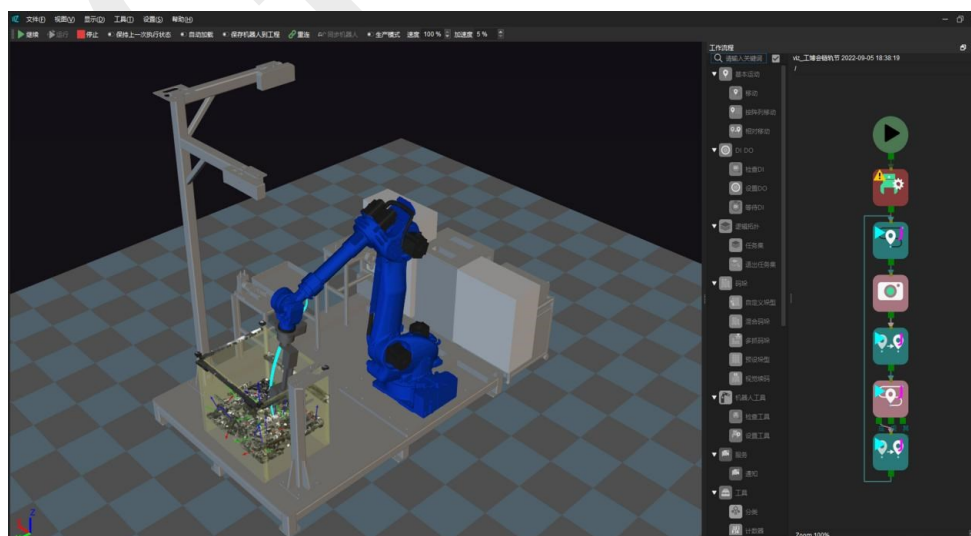
Mech-Vision 是梅卡曼德自主研发的新一代机器视觉软件。图形化界面, 用户无须编写代码即可完成无序工件上下料、纸箱/麻袋拆码垛、高精度定位装配、涂胶/喷涂/焊接、缺陷检测、尺寸测量等先进的机器视觉应用。内置 3D 视觉、深度学习等前沿算法模块, 已集成 3D 工件识别、路径规划等功能, 可快速落地复杂、多样的机器人应用。



- ✓ 完全图形化界面，用户无需任何专业编程技能，通过拖拽算法模块即可完成视觉工程搭建。同时，支持集成商用户进行自主开发。
- ✓ 自研 3D 视觉算法，满足复杂，多样的实际需求，应对物体堆叠、紧密贴合等问题，完成复杂条件下的识别、定位、测量等视觉功能。
- ✓ 将行业常见应用场景提炼为典型应用工程模板，用户可快速调用并根据实际情况进行调整，大幅缩短项目部署周期。

7、Mech-Viz 机器人编程软件

Mech-Viz 是梅卡曼德自主研发的新一代机器人编程软件，编程过程无代码，运行过程一键仿真，可支持国内外众多主流品牌机器人。软件内置轨迹规划、碰撞检测、抓取规划等智能算法，可自动生成合理的机器人运动路径，控制机器人高效、稳定、安全的完成各类复杂机器人应用，如深框抓取、纸箱多抓拆垛、多抓码垛、混合码垛等。

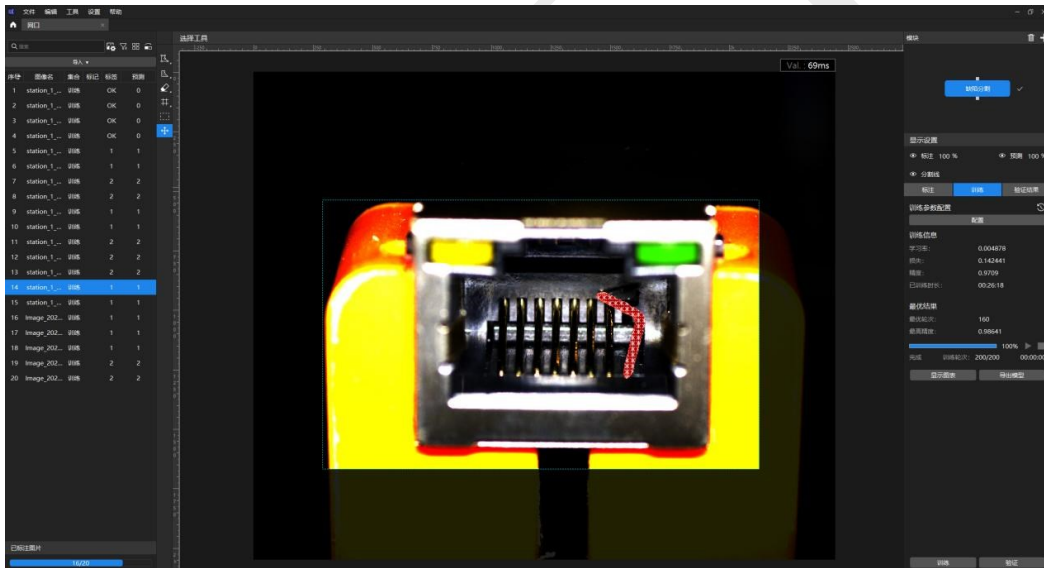


- ✓ 图形化、无代码界面，用户无需掌握任何编程经验，即可实现机器人编程。

- ✓ 支持用户按真实环境 1:1 搭建场景模型，自动规划机器人运动路径，避免与场景发生碰撞。
- ✓ 内置智能路径规划、智能规划抓取等多种智能算法，引导机器人在无碰撞前提下准确抓取目标，提升稳定性。
- ✓ 广泛适配各种品牌、类型的机器人，可与大部分主流品牌机器人通信，满足不同现场的通讯需求。

8、Mech-DLK 深度学习软件

Mech-DLK 是梅卡曼德自主研发的一款深度学习软件。图形化界面，功能完善，内置多种强大的深度学习算法，用户通过简单操作即可解决各类复杂问题（如堆叠物体识别、高难度缺陷检测、产品等级分类、高精度字符识别、工艺质量确认等）。帮助用户大幅提升生产效率、产品良率，降低用工成本。适用于 3C/半导体、新能源、汽车、家电、物流等行业。



- ✓ 图形化界面功能完善且操作便捷，用户无需专业技能即可实现多种深度学习应用；采用数据列表、图片备注等功能，便于数据的导入、查找和管理；智能化标注方式，大幅提升操作效率。
- ✓ 整合检测全流程，支持级联多个深度学习模型，可应对多种复杂的检测类应用，部署仅需一个模型包。
- ✓ 自研先进算法，更好解决复杂的识别/定位/检测/分类等需求，推理速度快，模型精度高。

第二节 康士达

一、企业简介

成立时间：2009 总部：深圳

深圳市康士达科技有限公司成立于 2009 年，专注于工控板卡、整机、智能系统的设计开发。是一家集研发、生产、销售、定制化服务为一体的国家高新技术企业，专精特新企业。康士达立足于自主创新、自主研发，所有的产品拥有完全的自主知识产权，并通过了 ISO9001。公司自成立以来，始终以“让设备更智能”的发展使命服务行业客户。产品广泛应用于工业控制、机器视觉、机器人、边缘计算、自动驾驶、三维建图、嵌入式软件等尖端智能行业。在机器视觉细分领域占有率达 20%以上。

深耕工控行业数十年，康士达积累了深厚的研发功底，作为专业的智能系统开发商，公司全力为各行业客户提供个性化软硬件服务，包括 CPU 控制器、视觉处理卡、AI 加速卡、底层驱动技术、中间开发包、AISDK 及 APP 开发指导等 OEM&ODM 服务。目前已与国内外众多知名企业达成战略合作。康士达不断与时俱进，励精图治，于 2018 年在东莞成立了自己的生产基地，2020 年在深圳购买总部物业，并成立了康士达智能信息软件公司，及上海和北京分公司。致力为客户带来更好的产品与服务。

二、核心技术

1、核心技术 1

康士达从事控制器板卡的研发设计，有 15 年以上的设计经验，其中在宽温、三防、宽压设计、短路、过流过压保护、EMD/EMC 防护、浪涌、绝缘；平衡、抗震等方面有很多独到之处。为客户应用在各种环境提供助力。

2、企业核心技术 2

康士达控制器应市场需求，集成 POE、CAN、DIO、光源控制器等功能，减少客户拼装带来的不稳定性，也减少客户成本。

3、企业核心技术 3

康士达在软件开发方面拥有雄厚的实力，精通底层 BIOS、EC 等开发，可为客户定制特色功能；精通 MCU、ARM32 的固件开发，满足工业场景硬件的灵活扩展；同时在 Android 系统开发、Linux 系统的裁剪、以及实时性优化方面积累了丰富的经验。

三、核心产品

1、产品 1—Q6AMV-A 控制器



基本配置	
型号	Q6AMV-B-1A
处理器	Intel 12/13th Core i3/i5/i7 Pentium/Celeron LGA1700
芯片组	H610 Q670
内存	2* DDR4-3200MT/s SO-DIMM,MAX64G
存储	M.2 SSD，支持1个2.5寸SATA硬盘扩展
网络	6*千兆RJ45接口，(LAN1 Intel I225-V网卡,LAN2~6 I211网卡)
操作系统	Win10/Win11/Linux(内核版本5.10及以上)
I/O接口	
网口	6*RJ45千兆网口(LAN3~6支持POE，802.3af标准)
USB	4*USB3.0，2*USB2.0 6*USB3.0
串口	2*串口(支持RS232/485/422，默认RS232)
显示	1*HDMI，1*DP
音频	1*LINE-OUT，1*MIC-IN
光源	4*光源通道(24V/75W总输出)+4*外触发输入
DIO	8*DI(NPN或PNP类型)，8*DO(NPN类型，支持300mA电流)
扩展	1*M.2 3042/52 B-Key(支持4G) 1*M.2 2230 E-Key(支持WIFI/蓝牙)
机壳特征	
材质	铝合金(喷砂阳极铁灰色)+SGCC钣金壳体(黑色烤漆)
尺寸	200mm(D)*164mm(W)*69mm(H)
重量	3.2Kg
安装方式	壁挂安装

2、产品 2—U11MV 控制器

机器视觉控制器K-U11MV



基本配置	
型号	U11MV-BX524F1
处理器	Intel Core i3/i5/i7,celeron 6305E
内存	DDR4-3200MT/s, 最高支持32GB
存储	M.2 SSD, 支持1个2.5寸硬盘扩展
网络	5个千兆RJ45接口, Intel I211AT网卡
操作系统	Win10、Linux(内核版本5.1及以上)
I/O接口	
网口	5个RJ45千兆网口(4个POE,802.3af标准)
USB	4个USB3.0 Type-A接口
串口	2个RS232串口(COM1~2支持RS232/485/422)
显示	1个HDMI, 1个VGA
DIO	16DI&16DO
扩展	1个Mini-PCIe插槽, 支持WIFI/4G模块扩展
机壳特征	
材质	铝合金上盖(喷砂阳极铁灰色)+SGCC(黑色烤漆)
尺寸	200mm(D)*150mm(W)*72.2mm(H)
安装方式	壁挂安装
环境要求	
工作温度	-20~60°C (10%~90%相对湿度@40°C无凝结)
存储温度	-40~+80°C(10%~90%相对湿度@40°C无凝结)
电源供应	
输入电源	9~36V直流输入

3、产品 3—E68MV 控制器



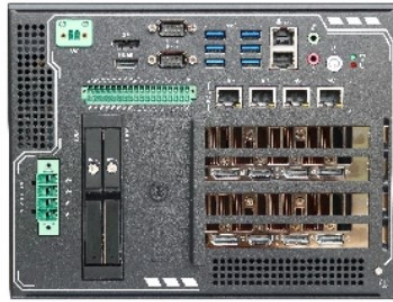
基本配置	
型号	E68MV-BX424A
处理器	Intel Celeron J6413
内存	DDR4-2133MT/s SO-DIMM，最高支持16GB
存储	M.2 2242/80 SSD，支持1个2.5寸硬盘扩展
网络	4个千兆RJ45接口，LAN1~3 Intel I211AT网卡，LAN4 Intel I225-V网卡
操作系统	Win10、Linux(内核版本5.15及以上)
I/O接口	
网口	4个RJ45千兆网口(LAN1~LAN3支持POE,802.3af标准)
USB	2个USB3.0 Type-A接口,2个USB2.0 Type-A接口
串口	2个RS232串口(COM1~2支持RS232,COM2可BOM选择RS485)
显示	1个HDMI，1个VGA
扩展	1个Mini-PCIe插槽，支持4G模块扩展
	1个M.2 2230 E-Key，支持WIFI
机壳特征	
材质	铝合金（阳极氧化铁灰色），SGCC(白色细砂纹烤漆)
尺寸	190mm(D)*150mm(W)*67.2mm(H)
重量	2Kg
安装方式	壁挂安装
环境要求	
工作温度	-10~50°C (10%~95%相对湿度@40°C无凝结)
存储温度	-40~+80°C(10%~95%相对湿度@40°C无凝结)
电源供应	
输入电源	9~36V直流输入

4、产品 4—U11MSK 整机



基本配置	
型号	U11MSK-BA1
处理器	Intel 11th Core i3/i5/i7 Pentium/Celeron
内存	2* DDR4-3200MT/s SO-DIMM,MAX64G
存储	M.2 SSD , 支持1个2.5寸SATA硬盘扩展
网络	2*千兆RJ45接口 , (LAN1 Intel I219LM网卡,LAN2 I211网卡)
操作系统	Win10/Win11/Linux(内核版本5.10及以上)
I/O接口	
网口	2*RJ45千兆网口
USB	4*USB3.0
电源输出	1*12V电源输出端子
显示	1*HDMI
音频	1*HP_MIC耳麦一体接口
扩展	1*M.2 3042/52 B-Key(支持4G/5G)
	1*M.2 2230 E-Key(支持WIFI/蓝牙)
	2*MSKEXT扩展接口
机壳特征	
材质	铝合金(喷砂阳极铝本色)+SGCC钣金(黑色细砂纹烤漆)
尺寸	148.4mm(D)*106.4mm(W)*53.2mm(H)
安装方式	壁挂安装
环境要求	
工作温度	-10~60°C(95%相对湿度@40°C无凝结)
存储温度	-40~+85°C(95%相对湿度@60°C无凝结)
电源供应	
输入电源	9~36V直流输入

5、产品 5—Q6AMV B 款



基本配置	
型号	Q6AMV-B-1B
处理器	Intel 12/13代Core i3/i5/i7 Pentium/Celeron LGA1700
芯片组	Q670
内存	2* DDR4-3200MT/s 260PSO-DIMM笔记本内存插槽
存储	1*M.2 2280M-Key, 支持2个2.5寸SATA硬盘扩展(热插拔)
网络	6*千兆RJ45接口, (LAN1 Intel I225-V网卡,LAN2~6 I211网卡)
操作系统	Win10/Win11/umix/Linux(内核版本5.10及以上)
I/O接口	
网口	6*RJ45千兆网口(LAN3~6支持POE, 802.3af标准)
USB	6*USB3.0 Type-A接口
串口	2*串口(支持RS232/485/422, 默认RS232)
显示	1*HDMI, 1*DP
音频	1*LINE-OUT, 1*MIC-IN
光源	4*光源通道(24V/75W总输出)+4*外触发输入
DIO	8*DI(NPN或PNP类型), 8*DO(NPN类型, 支持300mA电流)
扩展	1*M.2 3042/52 B-Key(支持4G)
	1*M.2 2230 E-Key(支持WIFI/蓝牙)
	2*PCIE X16扩展槽(X8信号)
	4*预留SMA天线预留孔位
机壳特征	
材质	铝合金(喷砂阳极铁灰色)+SGCC钣金壳体(黑色烤漆)
尺寸	360mm(D)*240mm(W)*181.2mm(H)
重量	9.2Kg
安装方式	壁挂安装

第三节 知象光电

一、企业简介

成立时间：2014年 总部：西安/深圳

知象光电 Revopoint 是一家专注于高精度 3D 视觉技术创新的硬科技企业。企业追求极致创新,坚持自研核心技术,建立了从微结构光芯片到高精度 3D 视觉算法的自主技术体系。所研发的 3D 扫描仪性能出色、便携易用,在智能硬件、医疗成像、元宇宙、3D 打印、VR/AR 等领域实现了广泛应用;工业 3D 视觉产品与解决方案性能精湛,已成功服务全球数百家企业,被广泛应用于自动化焊接、工业检测、机器人视觉引导等领域。截至目前,公司的 3D 视觉产品全球累计销量已超过 10 万台,终端用户遍及全球 150 余个国家。知象光电 Revopoint 已成为全球知名的 3D 视觉硬科技品牌。

二、核心技术

1、核心技术 1—高动态闭环控制的光学芯片设计与制造工艺

通过理论分析和数值计算相结合的方式,建立了电子、电气、结构、流体多物理场耦合的芯片设计模型。利用所提出的片上集成反馈技术,完成了芯片高动态闭环控制,为实现亚像素级结构光场投射提供了支撑。所开发的芯片相比进口方案,体积更小、功耗更低、抗干扰能力更强,实现了核心技术的自主可控,打破了高精度三维视觉领域“卡脖子”的风险,为客户提供了更好的供应链安全保障。

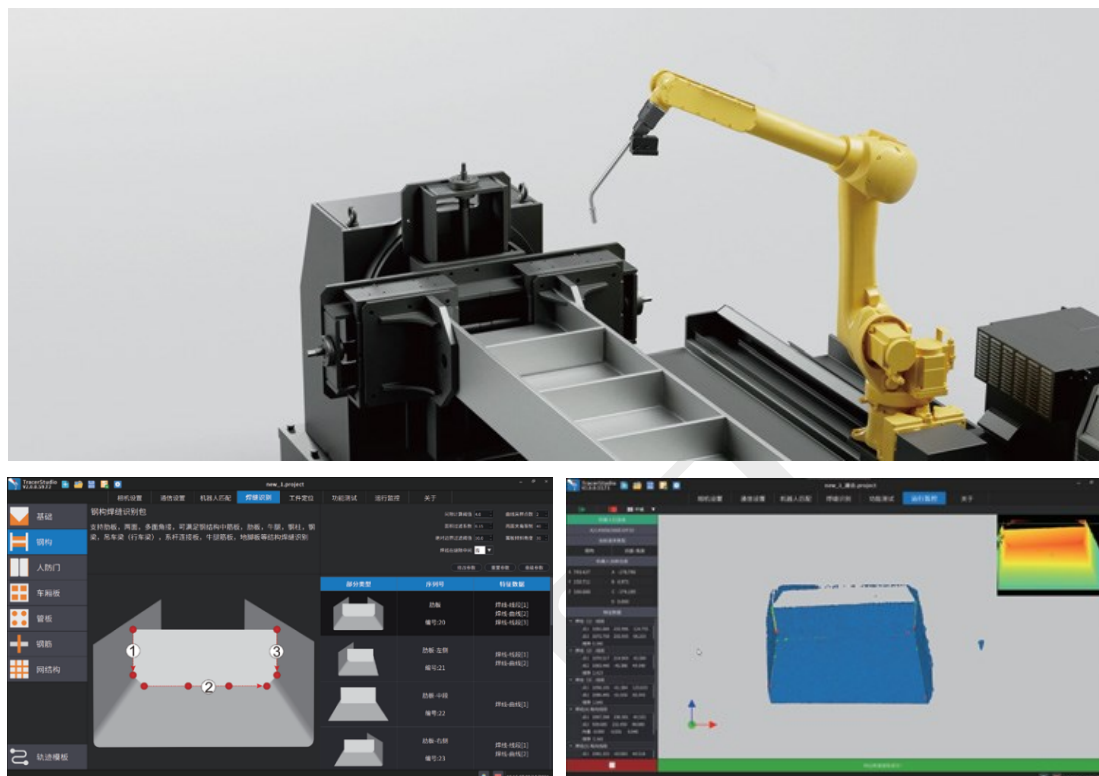
2、核心技术 2—基于专用芯片的实时高精度三维成像算法

经过十余年的潜心研究与优化,知象光电 Revopoint 率先在专用芯片上实现了实时高精度三维成像算法的开发,在嵌入式专用芯片上实现了可达 20fps 的实时高精度三维重建与输出。这种边缘计算的框架改变了传统方式对上位机算力的依赖,不仅提高了效率,更提高了系统的实时性和稳定性。

3、核心技术 3—机器人 3D 视觉软法和软件平台

Tracer Studio 软件是知象光电 Revopoint 面向机器人行业开发的一款视觉软件,该软件可以实现点云的采集,特征识别,以及机器人的仿真与引导等功能。特别是针对机器人焊接领域,该软件开发了丰富的三维识别算子,覆盖工业中常见的角接、钢筋、工字钢、角钢、槽钢、圆弧角接、管板等类型。可在 2s 内实现点云采集与识别,适配主流品牌机器人,高效易用。被广泛的应用在钢构、钢筋、专用车、环保设备、造船等焊接加工量巨大的行业。针对以钢结构为代表的小批量、多品种焊接加工场景,Tracer Studio 软件可直接使用三维

数模驱动，不用人工拾取焊缝、不用 PC 端示教、不用复杂编程，自动生成机器人拍照与焊接程序。



4、核心技术 4—跨平台 3D 扫描算法和软件

知象光电 Revopoint 开发的 Revo Scan 软件，配合公司提供的 3D 相机硬件，可以实现点云采集、降噪、配准、拼接、融合、构网、贴图、编辑等功能，从而完成三维扫描建模与后处理。该软件支持 Android/iOS/MacOS/Windows 系统，内置多种扫描模式，让用户可以方便地使用任何终端轻松地完成扫描任务。Revo Scan 被广泛的应用在数字化、逆向设计、个性化定制等应用场景。



三、核心产品

1、产品 1—Surface HD 系列工业 3D 相机

(1) 产品介绍

Surface HD 工业面扫描 3D 相机凝聚自主研发的微结构光投射技术和智能算法，采用超快激光编码全场投射模式，可直接输出 2~10HZ 的三维点云数据。Surface HD 系列产品可满足从 250mm 到 2600mm 测量距离下的多种工作任务。在 250mm 到 1400mm 的工作距离，Surface HD 可以高效完成相应的物流分拣、检测、上下料、工件找正、组装等任务。在 1200mm 到 2600mm 的工作距离，将 Surface HD 应用于对大中型物体的识别、检测，从而完成分拣、码垛等任务。

(2) 产品特点

- 1) 高速实时扫描。1 秒内即可输出 2~10HZ 点云数据。
- 2) 更高清、更精准。可输出 230 万像素的高清点云，精度最高可达 0.02mm。
- 3) 小巧易集成。整机重量不足 600g，不仅便携，更可集成至机器人末端使用。
- 4) 易用易操作。设备免驱动，还可根据不同需求选择 POE/USB 供电。
- 5) 资源更开放。提供丰富的 SDK 开发接口，开放深度图、红外图、RGB 图。



2、产品 2—高防护结构光 3D 相机 Tracer P2

(1) 产品介绍

Tracer P2 是知象光电 Revopoint 新一代高防护结构光 3D 相机。主要面向机器人自动化焊接等恶劣工况下的应用场景。相机采用全自主研发的微结构光技术，打破常规点、线激光寻位原理，采用面扫描获取工件完整三维点云，配合 Tracer Studio 软件使用，可以快速

提取 3D 直线与曲线特征，输出焊接路径和焊接姿态，帮助用户显著提高生产柔性效率。

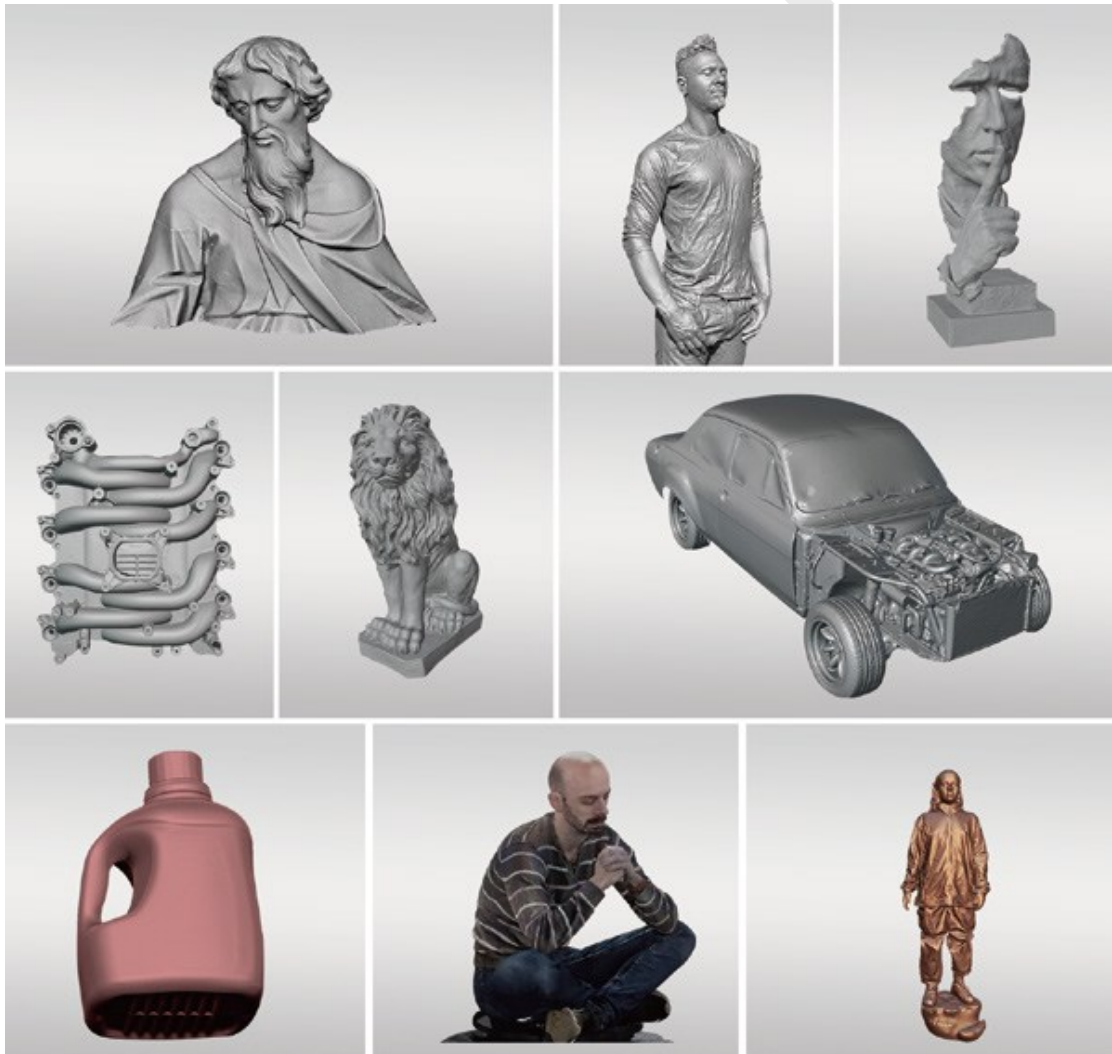
(2) 产品特点

- 1) 实时扫描：内置强大的计算芯片，实时输出 2-6fps 的点云数据。
- 2) 工业级精度：最高分辨率 1920×1200，三维点云精度达到 0.1mm。
- 3) 高可靠性：经过专业高低温、振动、EMC、ESD、防水测试，适应复杂苛刻工作环境。
- 4) 主动冷却：内置主动冷却功能，适用于焊接等高温环境。
- 5) 小巧便捷：体积小、重量轻，易于机器人末端集成。
- 6) 超低功耗：POE 供电，方便布线。



3、产品 3—RANGE 三维扫描仪

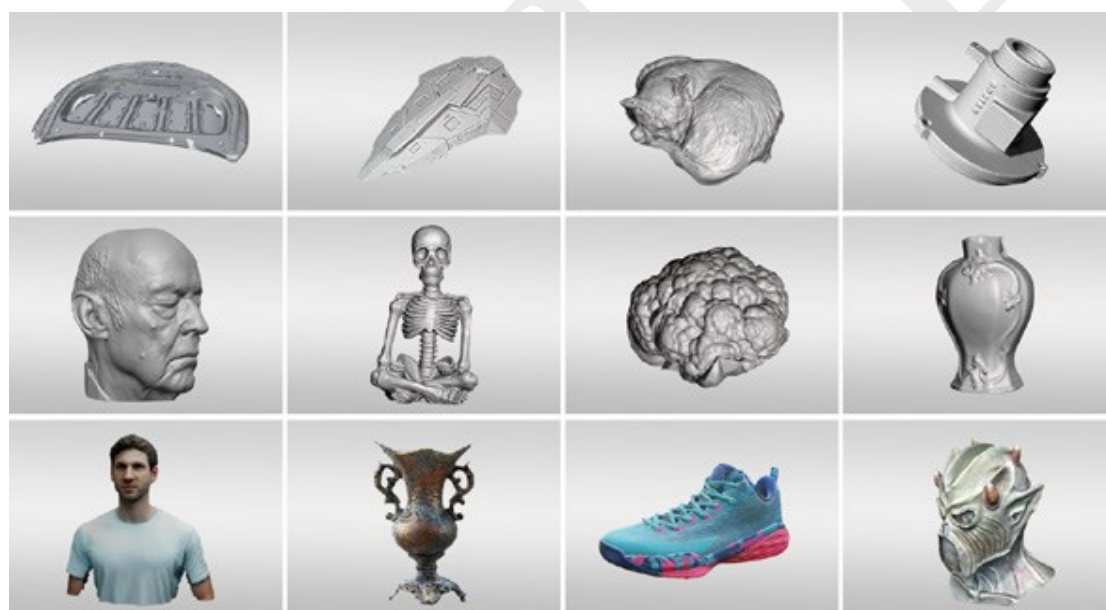
RANGE 是一款双目红外结构光三维扫描仪，专为扫描汽车、人体、家具等大型物体而设计。其自主研发的芯片和智能算法结合更强大的投射器，以及非球面镜头的双红外相机可实现一次捕获范围为 360×650mm，工作距离为 300-800mm，扫描速度可达 12-18fps，单帧重复精度可达 0.1mm。其全彩、大面积和远距离扫描能力使其成为一种有效的 3D 生产工具，能够进行室内设计、逆向工程、汽车建模、VR/AR、3D 设计、文物数字化等多种应用。



4、产品 4—POP 3 三维扫描仪

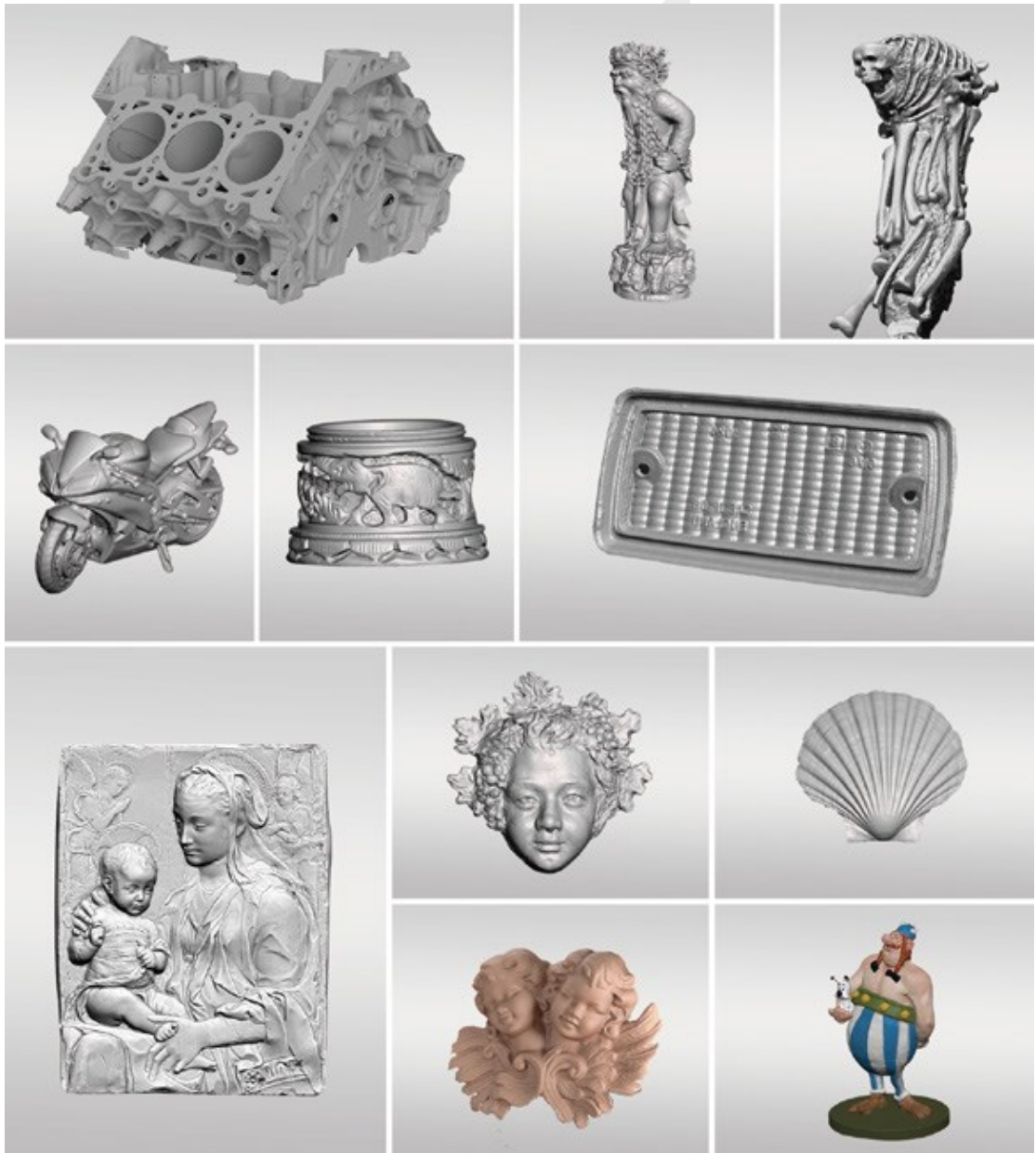
POP 3 作为 Revopoint POP 系列三维扫描仪的新一代产品，在硬件、设计和易用性等方

面均有提升。适用于 3D 打印、3D 动画设计、逆向工程设计、产品设计、医疗成像、历史文物数字化、VR/AR 等领域。



5、产品 5—MINI 三维扫描仪

Revopoint MINI 是一款高精度蓝光三维扫描仪，机身小、性能好，单帧重复精度达到 0.02mm，点距可达 0.05mm，能够清晰呈现物体细节，媲美专业扫描仪。MINI 的扫描速度达 10 帧/秒，加上优异的算法，无论是在电脑还是在手机上都能流畅扫描。在牙模扫描、珠宝设计、逆向工程、工业检测、手办和微缩模型制作等建模精度要求较高的领域，MINI 可为三维建模节省 80%的时间与成本，深受设计师、工程师、创客、医疗和科研工作者的喜爱。



第四节 奥比中光

一、企业简介

成立时间：2013年 总部：深圳

奥比中光是行业领先的 3D 视觉感知整体技术方案提供商，也是国内主要的服务机器人 3D 视觉传感器提供商，为机器人客户提供单目结构光、双目结构光、激光雷达、iToF 在内的完整视觉感知产品，并具备长达 7 年的行业落地经验。奥比中光拥有 25000 m² 自营 3D 视觉传感器制造工厂，可为机器人客户长期稳定供货。

目前，与奥比中光达成业务合作的机器人厂商超过 100 家，在中国服务机器人 3D 视觉传感器领域市占率超过 70%。

在服务机器人应用领域，3D 视觉传感器可以帮助服务机器人高效完成距离感知、避障、导航等功能，使其更加智能化。目前已实现落地的应用包括自动配送机器人、引导陪伴机器人、商用清洁机器人等。

目前，奥比中光机器人合作客户包括普渡、高仙、擎朗、云迹、斯坦德等行业头部企业，覆盖了智能工厂、仓储物流、建筑自动化、智能巡检、割草机、酒店配送、楼宇配送、商用清洁、ROS 教育等众多服务机器人应用场景。

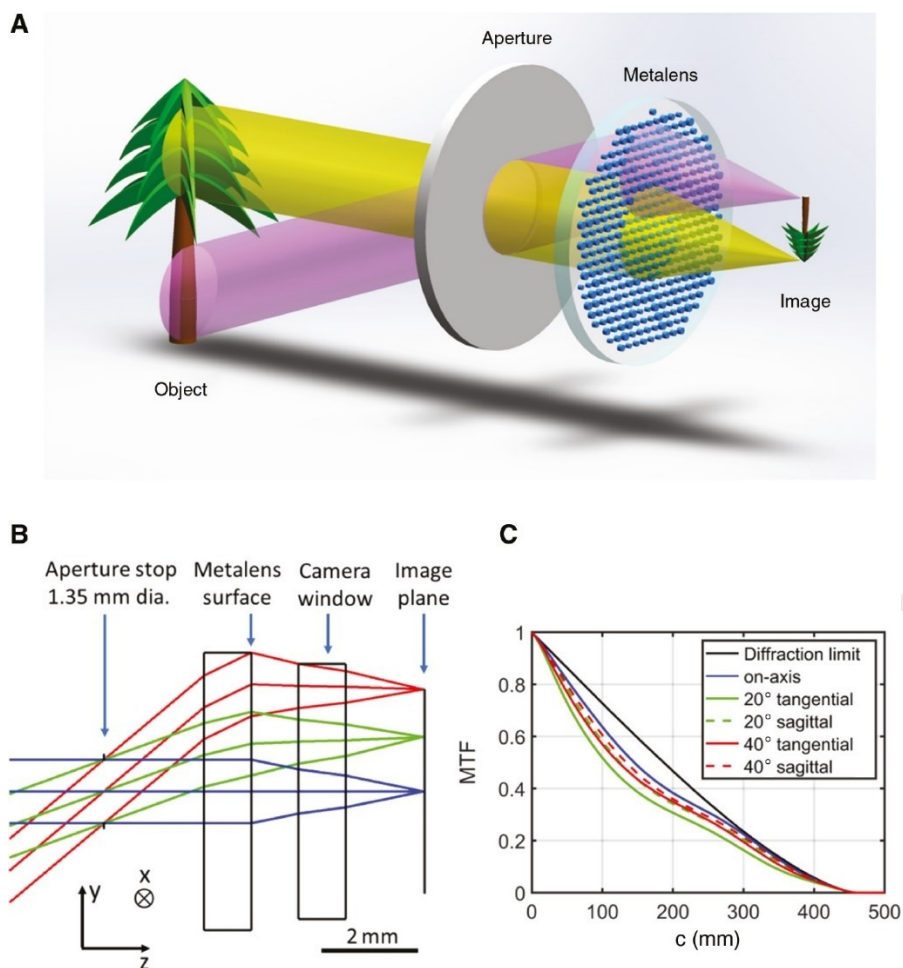
二、核心技术

1、核心技术 1—超表面透镜技术

三维成像技术具有强大的精细化空间数据描述能力，在消费电子、自动驾驶、机器视觉和虚拟现实等领域已成为最关键的传感技术之一。现有的三维成像技术受到传统折射元件和衍射元件的物理机制限制，难以满足设备小型化、集成化、多功能、大视场、大数值孔径、高分辨等性能要求。超构表面作为由亚波长纳米天线阵列构成的智能表面，能够实现对光场的振幅、相位、偏振等参量的人为调控，具有体积小、高空间带宽积、高效率、多功能、大视场等优势，有望成为新一代光学元件服务于三维成像技术。

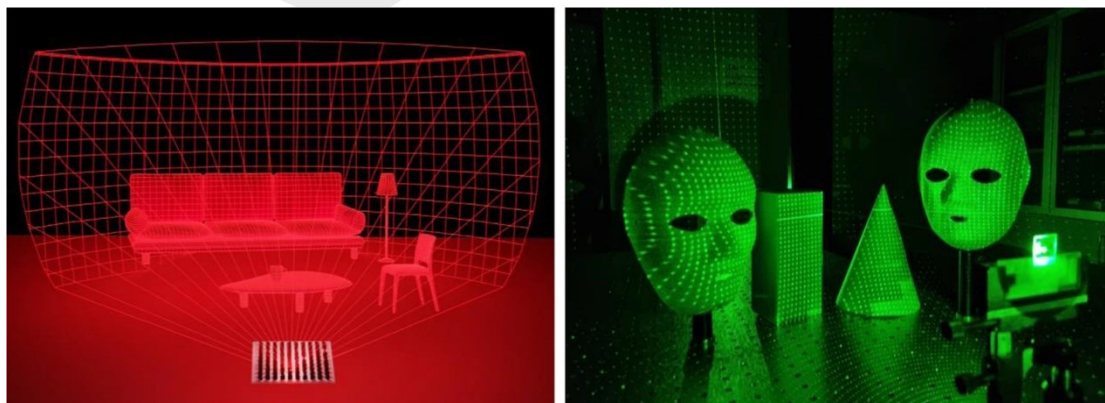
超构表面利用亚波长尺度下的光与物质相互作用的物理机制，通过合理选择和优化纳米结构的形状、大小和工程排布，对局部电磁场的振幅、相位、偏振、波长和轨道角动量等特性进行操纵，为实现光场调控提供了丰富的设计自由度。基于超构表面的光学元件能够满足仪器的小型化，降低光学系统尺寸、重量和功率要求，在三维成像技术应用场景中至关重要。超构元件的紧凑性主要基于超构表面的平面特性实现器件、系统的小型化和集成化。如下图

所示，奥比中光支持使用单片惠更斯超透镜组成视场角 30° 的紧凑型近红外成像系统，支持一片透镜实现传统多片透镜的效果，并且可以做到 μm 级的超小尺寸。



(奥比中光自研的超表面近红外成像系统)

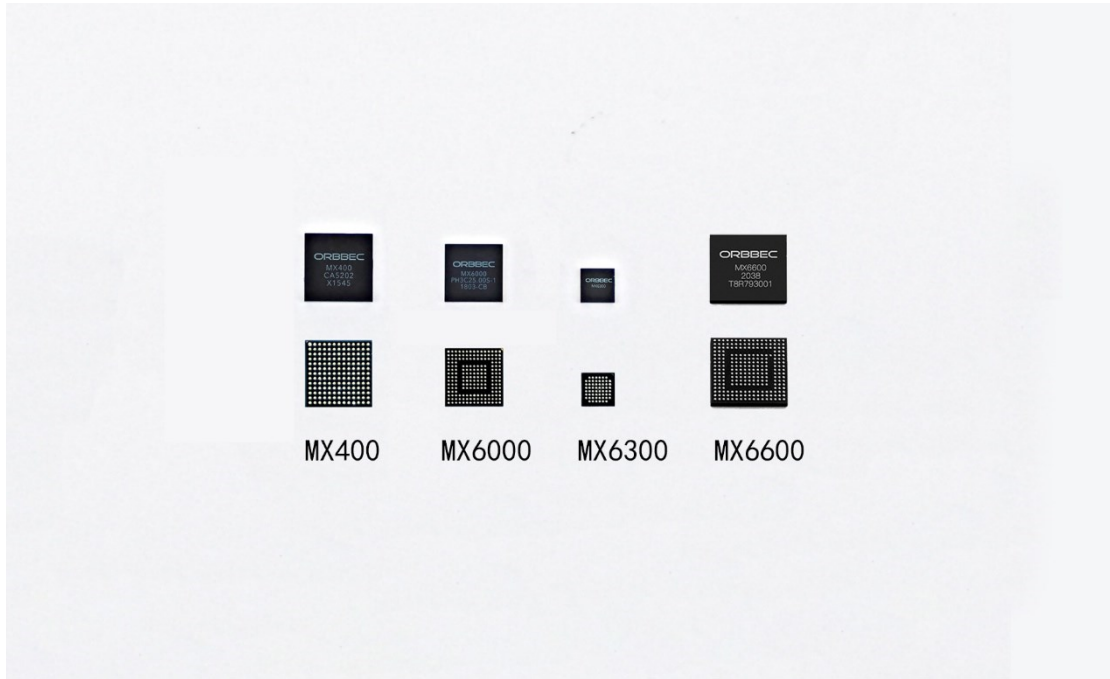
奥比中光将超表面透镜用在结构光投射器中，具有大 FOV、高密度信息的优势，实现了 180° 全视场约 10K 的点列投影，结合双目相机和立体匹配算法可以实现超大 FOV 三维成像。



(奥比中光自研大 FOV 超表面透镜光学成像系统)

2、核心技术 2—ASIC 芯片设计与流片制造技术

ASIC 芯片，全称为 Application Specific Intergrated Circuit，一般指专用于某种功能的集成电路。与 FPGA 不同的是，FPGA 一般支持用户自定义程序和算法，而奥比中光所擅长的便是此类 ASIC 芯片。奥比中光在 2015 年便根据自研的双目立体匹配算法推出首款深度引擎 ASIC 芯片 MX400，经过三代迭代，目前已推出 28nm 制程的 MX6600 ASIC 芯片。



（奥比中光自研的四代深度引擎芯片）

奥比中光致力于 3D 相机的均衡化发展，为了在量产道路上攻克 CPU 占用率、发热等疑难问题，奥比中光选择使用 ASIC 芯片方案，ASIC 对比传统通用集成电路方案，能够实现整机系统的优化设计。奥比中光创造性地把多个功能集成到了一块芯片上，满足了系统性的需求，从而使整机电路优化，元器件减少，布线缩短，布局优化，芯片的体积和重量、温度都大大降低，提升了系统的可靠性。

对于机器人客户而言，ASIC 芯片具有良好的适配性，对于信号的输入输出也可以做好集成，便于优质、高效、稳定地传输客户所需求的深度、点云、灰度等信息，对机器人产品亟需的高稳定性提供了良好的支持。

三、核心产品

1、产品 1—DaBai DCW 宽幅双目结构光相机



DaBai DCW 是奥比中光机器人产品线针对服务机器人、工业机器人应用场景，搭载自研 MX6000 ASIC 芯片的高精度、宽画幅深度相机。该产品是奥比中光基于无人叉车、AMR、机械臂等场景推出的具备高场景适应性的深度相机，按照实际应用的规格，可分为 DaBai DW 和 DaBai DCW，主要差别为是否含 RGB。

DaBai DCW 支持输出 640*400 分辨率，30fps 的高精度（1m 精度 1%）点云图，同时支持 ROS1 和 ROS2 系统的搭载。奥比中光提供适应范围极广的 ORBBEC SDK 供客户接入上位机，占用率可低至 5%。

DaBai DCW 同时支持输出 1920*1090 分辨率的 RGB 图像，可供客户通过深度学习进行障碍物品类的识别。

DaBai DCW 搭载奥比中光自研深度结构光算法，经客户实测，对黑色车身、小物体、高亮金属柱等场景都具备极好的适应性，赋能机器人实现感知、避障的功能。

2、产品 2—DaBai DCL 长距离双目结构光相机



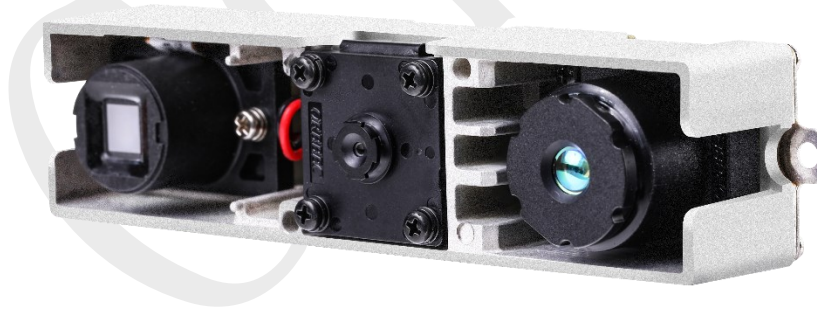
DaBai DCL 长距离深度相机是奥比中光基于双目结构光成像技术最新推出的产品。水平方向的 FOV 高达 90° ，适用于 $0.15\sim 5\text{m}$ 范围内的物体和空间感知。搭配高精度的单点 dToF、IMU，可以实现“0 盲区”的测量能力。

DaBai DCL 搭载奥比中光自研的 MX6600 深度感知 ASIC 芯片，最高支持输出 $1280*800$ 分辨率的深度图像，在 $640*400$ 分辨率下支持 60fps 的超高帧率。针对机器人场景，特别调优了黑色车身、金属桌腿、悬空带等特殊场景的识别，搭配精度超高的 D2C 能力，完美适用于机器人避障、物体识别、体积检测等场景。

在高精度的基础上，DCL 还支持多机同步的功能，支持多相机通过“星型”或“链型”连接，并提供延时 $\leq 50\text{ms}$ 的多机同步深度图。

DaBai DCL 相机具备的大 FOV、小盲区、场景适应性强、多机同步的特点，适用于高速 AMR、AGV 机器人的应用，提供高帧率、高品质的深度图，确保机器人稳定运行。

3、产品 3—Astra Mini Pro 单目结构光相机



Astra Mini Pro 深度相机是奥比中光基于单目结构光成像技术推出的深度相机。适用于在 $0.6\sim 6\text{m}$ 范围内进行 3D 物体和空间扫描的智能相机，可实现工业测量、位姿识别、精准定位等高精度应用。

作为 Astra Mini 的升级产品，Astra Mini Pro 搭载 MX6000 自研 ASIC 芯片，最高支持输出 1280*1024 分辨率的深度图像，自带多分辨率下深度图像与 RGB 图像的空间对齐功能。通过奥比中光提供的 SDK，客户可捕捉 3D 点云和 RGB 数据，快速、准确、高效地识别出不同货物的位置，并进行分离分距，同时可以快速精确定位，将分离后的各类货物、包裹进行自动化分拣和归档。

4、总结

针对具身智能机器人视觉，奥比中光着眼于中长期技术发展需求进行了全方位的技术路线布局及技术能力布局，其中技术路线覆盖单目结构光、双目视觉、TOF、LIDAR，技术能力覆盖机器人视觉芯片、智能视觉算法、模组及方案以及规模化量产等能力。

技术能力	细分技术	说明	研发状态
机器人视觉芯片	专用感光芯片	包括 iToF 感光芯片、dToF 感光芯片以及结构光专用感光芯片,可以应用在结构光、ToF 产品中。	持续迭代研发中
	深度计算引擎	MX 系列深度计算引擎,可实现单目及双目结构光计算,应用在单目及双目结构光产品中。	
智能视觉算法	复杂材质成像	专门为智能机器人复杂应用场景设计,解决机器人 3D 视觉痛点难题。	持续迭代研发中
	HDR/AF		
	抗强光、变形等补偿算法		
模组及方案	系统设计	基于不同类型智能机器人需要,针对性进行系统和产品设计,提供多种产品解决方案。	持续迭代研发中
	产品设计		
	多传感融合		
量产	标定、对齐	自主研发标的、对齐技术以及产线核心设备,已同时单机型大规模量产以及小批量多机型高质量产能力。	持续迭代研发中
	核心设备开发		
技术路线	产品	特性	用途
单目结构光	Astra 系列、Persee+	近距离、高分辨率、高精度、室内	识别、避障、交互、测量

ToF	Femto 系列		
双目视觉	Gemini 系列、 大白系列	中近距、中精度、室内外、良好环境 适应性	识别、避障、交互、测量
Lidar	Ordarray、 MS200、MS500	中远距、中低精度、室内外	导航、定位

基于机器人本身算力差别，奥比中光布局了两种系统方案，一种是针对机器人本身具备较高计算能力的，仅提供低成本的嵌入式视觉传感器，传感器本身不带智能视觉算法；二是自带边缘算力的智能视觉传感器，传感器可自行执行算法及软件，可以应用在本体不具备额外算力的机器人上。

系统方案	产品	特性	同类产品
嵌入式视觉传感器	Gemini 系列、Astra 系列、大白系列、MS200、MS500	仅提供 3D 视觉数据，智能视觉算法、应用软件在机器人主控芯片上执行	Intel realsense 系列
智能视觉传感器	Femto 系列、Femto mega、Persee 系列	自带边缘算力，可运行智能视觉算法及应用软件	Microsoft Azure Kinect DK

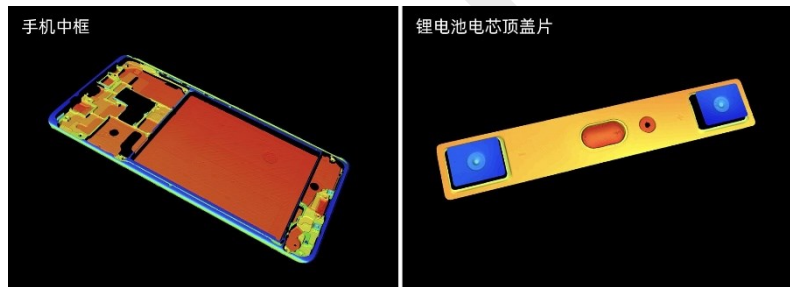
第八部分 案例篇

第八章 机器视觉典型应用案例

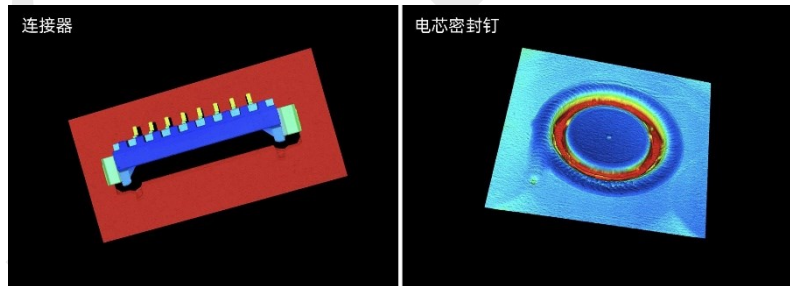
第一节 3C 行业

案例一	
案例名称	手机零部件平面度&段差高精度测量
客户所属行业	3C
企业需求点	<p>手机质检环节对于产品品质把控作用关键。因为手机零部件是非常精密的工件，如果尺寸或形状不准确，会影响手机的性能与使用效果。通过高精度测量可以确保手机零部件的尺寸、形状、表面光洁度等质量指标都符合设计要求，保证各个部件的精度一致，从而达到手机整体性能和质量的要求。但质检环节本身是一项繁重且重复性高的工作，客户主要存在以下痛点需求：</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 人工质检效率低，易出现视觉疲劳，从而导致误检、漏检率上升；✓ 传统机器视觉无法满足随机性强、特征复杂的质检需求，难以适应企业不断生产换线、工艺升级；✓ 产品质量标准要求高，测量精度和速度需满足自动化产线生产需求。
面临挑战	<ol style="list-style-type: none">1、现场需对手机屏蔽罩、手机中框的平面度、段差等测量项进行高精度测量，产品特征细微，涉及材质众多，对3D传感器成像质量要求高；2、需对成像结果进行计算并输出所需结果，包括平面度、段差、胶路异常等信息；3、对于测量精度、测量速度要求高，满足自动化产线生产需求；4、需对测量数据进行实时分析、整理，即时反馈质量问题，避免不良品流至后端工艺。
项目应用核心技术点	<p>1、应对结构精密3C结构件的高精度3D传感器成像技术</p> <p>手机零部件结构精密，材质多样，为保证测量精度，需3D传感器对细微特征也能呈现清晰、完整、细致的3D点云数据。</p> <p>本项目中采用了梅卡曼德自研超高速3D线激光轮廓测量仪Mech-Eye LNX-8080，具有以下优势：</p>

- ✓ 先进的光学器件，能够为每条轮廓提供4096个数据点，Mech-Eye LNX-8080以超高速对各类物体进行扫描，对物体细微特征生成高分辨率轮廓和高质量点云数据。可应对工件反光、暗色、结构精密、细微凹凸等复杂情况；
- ✓ 全画幅扫描速度可达3.3kHz，满线宽扫描速度可达15kHz。获取高分辨率3D点云的时间更快，满足客户产线实际需求；
- ✓ 微米级精度，能够细致入微地呈现各类微小特征，结合先进测量算法，满足用户计量级别检测需求；
- ✓ 支持单帧HDR功能，一次扫描可同时对深色(低反射率)和反光(高反射率)的物体高质量成像。先进光学设计，在物体存在高度差、高度发生变化等情况下依然保持高精度输出。稳定适应材质多样、颜色各异、高度变化的目标检测物。



Mech-Eye LNX-8080 @245mm (点云颜色为按高度渲染)



Mech-Eye LNX-8030 @75mm (点云颜色为按高度渲染)

2、自研先进高精度测量算法

在获取工件超高精度3D点云数据后，基于自研高精度测量算法，计算输出所需特征的平面度、段差。并对测量数据进行分析整理，为质量监控提供数据支撑。

应用工艺环节

3C产品结构件的平面度、轮廓度、段差等几何量的高精度测量环节。

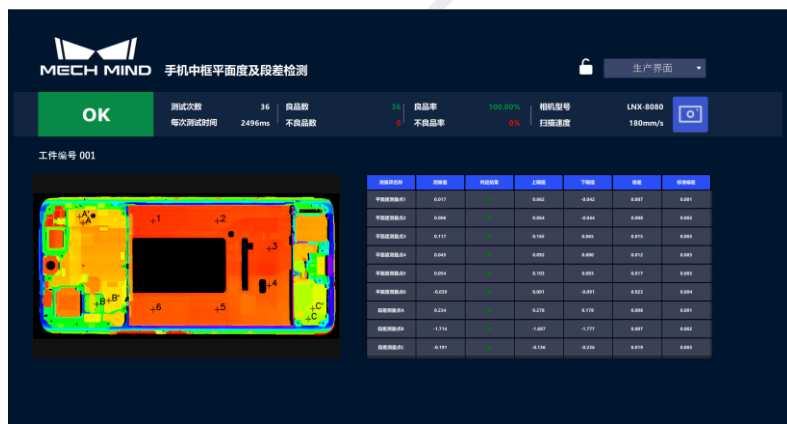
解决方案

- 1、流程简述：自研超高速3D线激光轮廓测量仪Mech-Eye LNX-8080对手机中框进行快速扫描，拟合出手机中框完整表面。基于梅卡曼德自研测量算法，准确测量待测产品的平面度及段差；
- 2、Mech-Eye LNX-8080是梅卡曼德自主研发的3D线激光轮廓测量仪。基于先进的光学

器件和高速成像算法，Mech-Eye LNX-8080可为每条轮廓提供4096个数据点，精度达微米级，可对物体细微特征生成高分辨率轮廓和高质量点云数据。全画幅扫描速度可达3.3kHz，满线宽扫描速度可达15kHz。获取高分辨率3D点云的时间更快，满足客户产线实际需求；

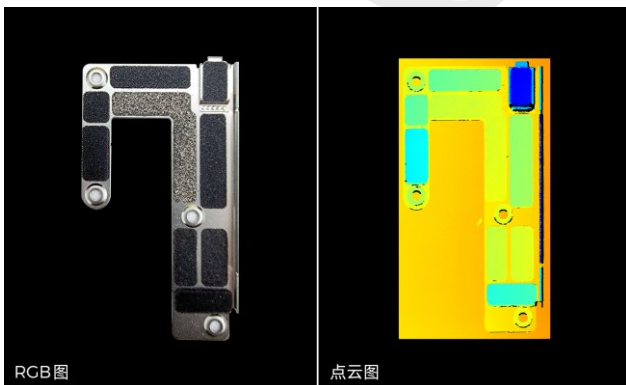
3、自研先进点云处理技术和3D测量算法，可支持零部件生产、组装等过程中各类超高精度检测/量测应用，检测精度高、速度快；

4、Mech-Vision支持使用拖拽式工具模块搭建测量工程，快速进行图像预处理和定制结果显示界面，实现视觉测量项目的快速落地；



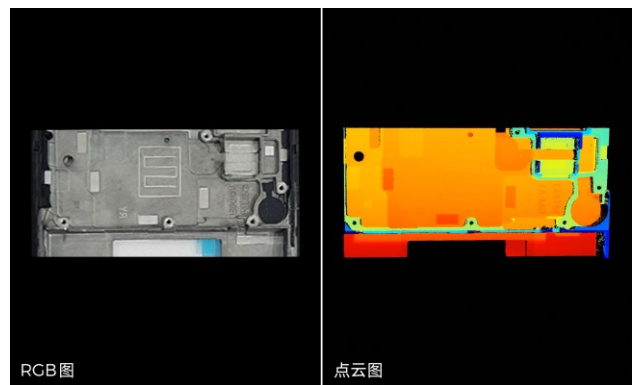
5、先进深度学习算法，支持不同颜色、不同材质的产品一键切换，满足产线柔性化生产需求。

指标要求1	测量精度 $\leq 0.01\text{mm}$	指标要求2	UPH $\geq 2400\text{pcs}$
机器人用量	/		
项目成效及效益体现	1、生产效率提升1倍，帮助客户大幅提高产能； 2、不良品漏检率 $< 0.1\%$ ，大幅提升产品品质。		



手机屏蔽罩

Mech-Eye LNX-8080 @245mm (点云颜色为按高度渲染)



手机中框

Mech-Eye LNX-8080 @245mm (点云颜色为按高度渲染)

第二节 汽车行业

案例一	
案例名称	高精度副车架特征在线测量
客户所属行业	汽车主机厂
企业需求点	<p>副车架由焊接工艺拼装而成，其关键特征如孔径、孔位、配合面等参数存在工艺误差，从而影响后续装配效果。客户需对焊接质量和装配特征进行监控，避免副车架的部分装配特征误差过大影响最终车身装配效果。客户主要存在以下痛点需求：</p> <ol style="list-style-type: none">1、传统CMM测量系统设备昂贵，维护成本高，对环境要求严苛；测量效率低，数据反馈滞后；2、质量标准高，涉及工艺流程复杂；测量精度和速度需满足自动化产线生产需求，并对质量趋势进行实时反馈。
面临挑战	<ol style="list-style-type: none">1、副车架具有表面反光、结构复杂、异形等特征。待测工件特征种类繁多，如：圆孔、腰孔、螺纹孔、螺柱等，部分特征存在反光、倒角、结构精密等复杂情况。需3D相机对各类特征高质量成像，并通过在线测量系统计算输出特征尺寸、形位公差等信息；2、机器人长时间工作产热加之环境温度变化，导致机器人运动学参数变化，影响测量精度。需对机器人进行温漂补偿；3、需对测量数据进行实时分析、整理，反馈质量问题至前端工艺，避免不良品流至后端工艺。
项目应用核心技术点	<p>1、应对细节丰富、高亮反光的工件特征高质量3D成像技术</p> <p>副车架工件细节丰富、结构复杂，表面存在一定程度反光，孔位特征各异，存在反光、倒角、结构精密等复杂情况，对3D视觉系统成像的挑战较高。本项目中采用了梅卡曼德自研微米级工业3D相机Mech-Eye UHP-140，具有以下优势：</p> <ul style="list-style-type: none">✓ 全新自研融合成像算法，有效减少视觉盲区；✓ 采用全新自研抗反光三维重建算法，对高亮工件成像效果优异；✓ 精度达微米级，可对微小待测特征高精度成像；✓ 体积紧凑，安装于机械臂末端使用，随机器人灵活运动至不同位置的特征点位上

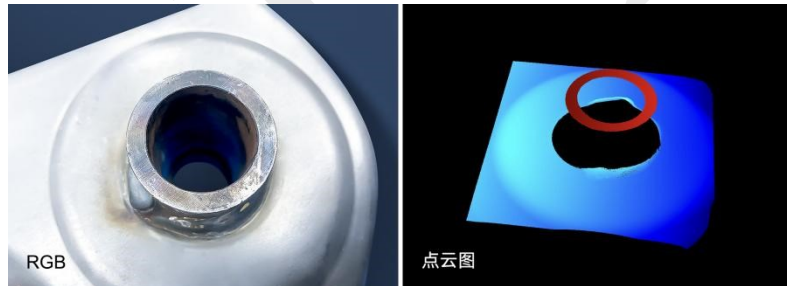
方，对副车架特征尺寸/位置信息进行采集。

2、自研高精度测量算法

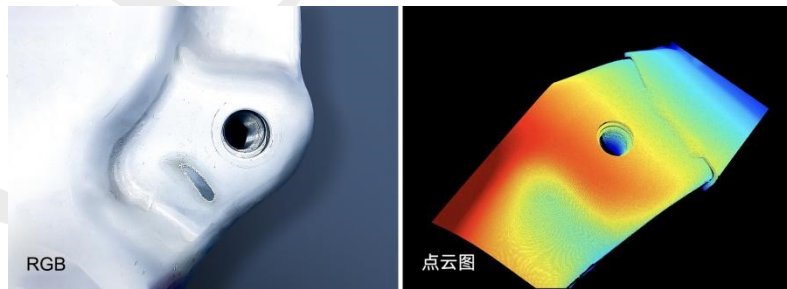
本项目中，副车架为异形工件，存在多个不同孔状特征。机器人携高精度3D相机对待测副车架上的各个孔位进行拍照（孔类型包括普通圆孔、椭圆孔、螺纹孔、螺柱等）。Mech-Vision图形化机器视觉软件内置先进测量算法，在获取特征孔的3D点云数据后，生成特征孔精准位姿，计算输出所需的特征孔几何尺寸或形位公差。并配合自研测量软件，对测量数据进行分析整理，为质量监控提供数据支撑。



（反光圆孔，Mech-Eye UHP-140@0.3m，点云数据按高度渲染）



（存在倒角的圆孔，Mech-Eye UHP-140@0.3m，点云数据按高度渲染）



（螺纹孔，Mech-Eye UHP-140@0.3m，点云数据按高度渲染）


应用工艺环节

汽车主机厂内焊装车间副车架在线测量

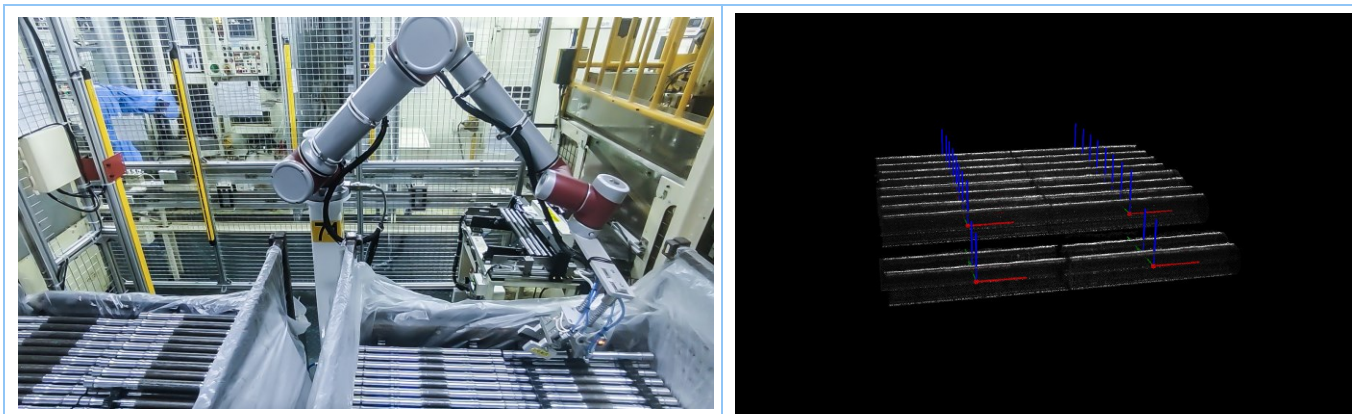
解决方案

1、流程简述：Mech-Eye UHP-140微米级精度工业3D相机装配于工业机器人手臂末端，机器人灵活运动至不同位置的特征上方，采集各类特征3D点云数据。搭配梅卡曼德Mech-Vision图形化机器视觉软件和自研测量软件，机器人可快速完成各类大型工件的测量任务；

	<p>2、Mech-Eye UHP-140精度超高，精度达微米级，对高亮工件成像效果优异，可有效应对因工件结构复杂、材质多样以及存在高亮漆面、异形反光等复杂情况对光学检测造成的干扰。可应对多种特征类型，如普通圆孔、螺纹孔、螺柱、腰型孔等；</p> <p>3、Mech-Vision内置先进测量算法，无需编写代码即可快速完成关键特征几何尺寸和形位公差测量应用。轻松适应多种车型，支持客户快速完成换型生产；</p> <p>4、自研测量软件，实时输出测量数据，可提供概览视图、数据趋势图、数据展示、数据汇总等功能。实现对生产数据的实时掌控和分析，为汽车行业生产提供闭环质量管理方案；</p> <p>5、单测量工位安装2台机器人，装载2台Mech-Eye UHP-140，配合梅卡曼德视觉系统，对副车架上不同关键特征的尺寸公差进行测量，可扩展至多种不同型号的汽车工件，满足客户柔性化生产需求。</p>		
指标要求1	整体系统精度 $\leq 0.2\text{m}$	指标要求2	单测点耗时 $\leq 2\text{s}$
机器人用量	2台/工位，布局多个工位		
项目成效及效益体现	<p>1、梅卡曼德在线测量系统总体测量精度高、速度快。测量方案关键指标（精度、速度）均达到行业领先水平，满足客户生产需求；</p> <p>2、相比传统设备（如三坐标测量仪）性价比更高，可极大减少客户的成本投入；</p> <p>3、实时汇总测量数据并提供数据趋势分析，便于客户实时管控生产质量，改进生产工艺。</p>		
			


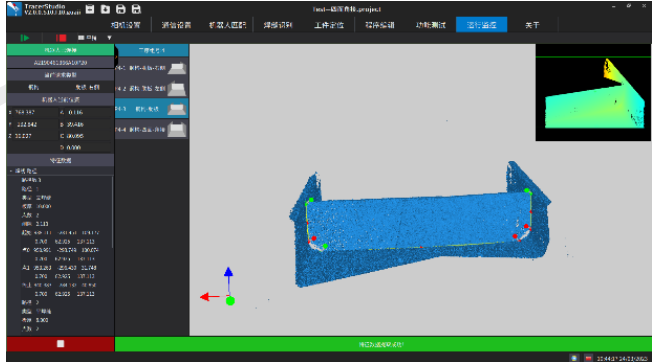
案例二	
案例名称	AI+3D视觉引导紧密贴合、高亮反光的中间轴上料
客户所属行业	汽车零部件
企业需求点	<p>中间轴是汽车传动系统的重要组成部分，能够将变速器输出的动力传递到车轮上，具有细长、高亮反光等特性。在汽配厂中间轴生产车间，工件需经过多道工序，方能成为成品出库。本案例中，客户需要对中间轴进行切割处理，以提高工件性能。客户之前采用人工方式进行切割上料，主要存在以下痛点：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、原有人工上料方式中，平均1-2个上料工位需投入1人次进行机床加工上料。客户采用2班倒进行排班，人力成本投入高； 2、原有人工上料方式效率不稳定，整体效率较低； 3、上料精度要求高，人工上料不当易导致碰撞、剐蹭等问题，影响成品质量。
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、工件呈细长轴状，表面覆油且高亮反光，在料框中紧密贴合摆放，对3D相机成像能力挑战极大。同时，需对工件中心点精准定位，保证稳定抓取； 2、料框由台车运输至指定位置，料框到位精度低，3D视觉系统需准确定位料框位置； 3、中间轴通过黑色隔条紧密贴合码放于料框中，需3D视觉系统识别隔条并进行夹具切换； 4、料框存在不同程度的形变，四周有塑料包膜，可能对中间轴识别定位造成干扰； 5、工件种类极多，3D视觉系统需要在短时间内迅速适应工件新增品规，对视觉软件易用性也提出很高要求； 6、客户期望达到完全无人化生产，对清框率要求高。且因料框四周存在塑料膜干扰，机器人既要处理高亮反光、紧密贴合的中间轴及黑色隔条，视觉识别难度大。
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、可应对高亮反光、细长轴状工件的高质量3D成像技术 <p>本案例中工件结构复杂、表面光亮且有防锈油，视觉识别难度大。基于自研先进光学技术及算法，Mech-Eye LSR L抗反射光性能优异，精度高，可对反光较强且表面带有各种污渍的工件高质量成像。其视野和景深也可完全满足长度较长、料框较深情况下工件抓取要求。</p> 2、可应对紧密贴合、细长轴状工件的3D视觉识别技术

	<p>Mech-Vision机器视觉软件内置3D视觉、深度学习等先进算法，可准确识别紧密贴合的高亮反光工件，快速获取工件位姿信息，计算出工件中心点。当存在塑料包膜干扰时，通过确定某一端点位置，计算出工件中心点。</p> <p>3、可应对深框等复杂环境的智能轨迹规划、抓取算法技术</p> <p>Mech-Viz机器人编程环境内置智能轨迹规划、抓取算法等先进技术，可帮助机器人有效处理工件在深框中贴边的抓取问题，提升清框率。同时可以保障机器人在深框中运动时避开碰撞，提升稳定性。</p> <p>4、对到位不精准的料框进行准确视觉识别的技术</p> <p>可对来料到位精度不高的料框进行精确视觉识别定位，按真实场景搭建场景模型，动态调整碰撞检测模型。即使在料框到位精度不高的前提下，也可准确进行碰撞检测，避免碰撞，保证机器人运行的稳定性。</p>		
应用工艺环节	汽车零部件机床上料		
解决方案	<p>1、流程简述：3D视觉引导协作机器人抓取料框中紧密贴合的中间轴并放置于加工台上，一层中间轴抓取完毕后，3D视觉引导协作机器人抓取黑色隔条放置于固定位置；</p> <p>2、Mech-Eye LSR L固定安装于料框上方，视觉处理时间不占用上料整体节拍，提升3D相机图片采集效率。支持对表面反光、具有油污、细长的工件高质量成像；</p> <p>3、可对位置不固定的料框进行动态识别定位，并修正碰撞检测模型，提升机器人运行稳定性；</p> <p>4、Mech-Vision内置先进视觉算法，可迅速识别紧密贴合、高亮反光的细长轴状工件。快速获取工件在空间中的准确位姿，并计算出工件中心点；</p> <p>5、Mech-Viz内置智能抓取算法，根据工件在空间中位姿、碰撞检测模型进行碰撞检测，生成合适的抓取点。准确判断黑色隔条上是否存在中间轴，智能切换夹具，实现中间轴及隔条的稳定抓取，满足客户自动化生产需求。</p>		
指标要求1	清框率达到99.99%	指标要求2	/
机器人用量	1台/工位，部署多台工位		
项目成效及效益体现	<p>1、梅卡曼德3D视觉系统搭配合作伙伴整体方案，机器人可对中间轴稳定抓取，实现精准抓取上料，提升生产效率；</p> <p>2、该汽配厂启用智能机器人工作站后，产能提升3倍。</p>		

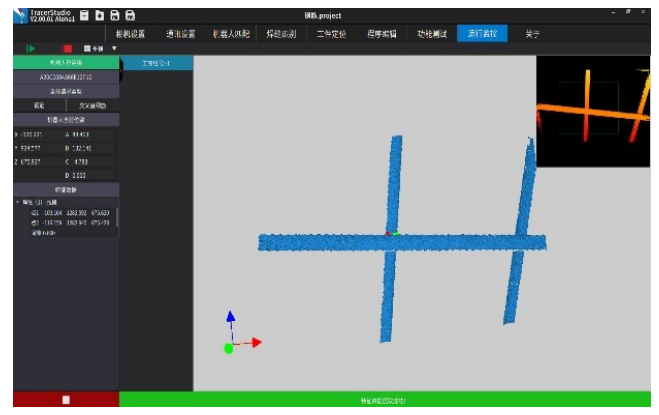
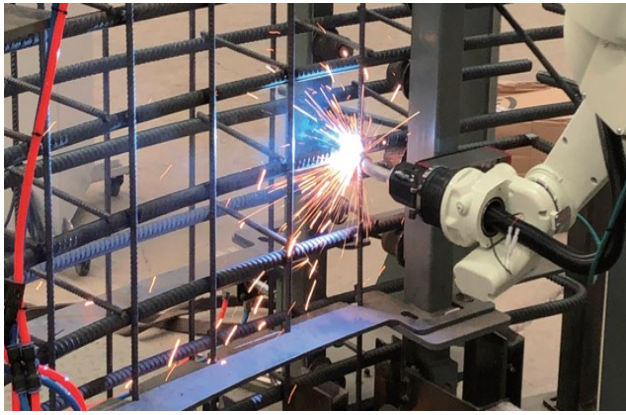


第三节 金属焊接行业

案例一	知象光电 REVOPOINT
案例名称	3D视觉钢结构自动化焊接应用
客户所属行业	模块化建筑行业（钢结构）
企业需求点	钢结构是实现建筑行业绿色低碳发展的重要途径，截止2022年我国的钢结构生产达到了1亿吨。但是钢结构存在着小批量多品种的特点，传统意义上，无法使用机器人生产，该领域的自动化生产急需新的手段。客户需要一种免编程、免示教，并且可以迅速切换新工件不需要太多准备时间的方案，来实现钢结构工件的自动化生产。
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、工件小批量、多品种，无法通过人工编程实现； 2、工件组队误差大，局部误差超过10mm； 3、工件尺寸大，相机需要安装在机器人末端； 4、要求切换工件准备时间短； 5、工作环境电磁辐射严重、飞溅多、温度高； 6、方案需要一线工人操作，不能过于复杂。
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、使用该行业通用的Tekla三维数模进行驱动，自动提取焊缝数据，避免人工拾取，减少工作量； 2、使用Tracer Studio软件自动规划相机拍照位和机器人运动轨迹，无需人工编程； 3、使用Tracer P1 3D相机实时拍照计算焊缝位置和焊接姿态。
应用工艺环节	焊接

<p>解决方案</p>	<p>1、系统方案：使用附带外部行走轴的进口机器人设备，扩大机器人的工作范围。使用知象光电Revopoint提供的Tracer 3D焊接视觉系统实现对任务的规划和机器人的引导；</p> <p>2、视觉系统构成：Tracer P1高防护3D相机，Tracer Studio视觉软件，Tracer Calibration手眼标定软件，Tracer Assistant插件；</p> <p>3、工作流程：首先使用Tracer Assistant软件Tekla数模进行解析和任务规划；然后使用Tracer Studio进行机器人路径规划与仿真，输出机器人程序。启动焊接任务后使用Tracer P1 3D相机对钢结构组件进行高精度的3D拍照，然后利用TracerStudio软件平台对获取的3D点云数据进行分析，识别出钢结构组件（牛腿、行车梁、立柱等）中的全部焊缝，进而将焊缝的起始位置、方向向量、焊接姿态等参数反馈给机器人，引导机器人进行焊接。</p>		
<p>指标要求1</p>	<p>焊缝定位精度>0.5mm</p>	<p>指标要求2</p>	<p>单条焊缝耗时<2s</p>
<p>机器人用量</p>	<p>6套/线</p>		
<p>项目成效及效益体现</p>	<p>1、焊缝定位精度满足客户需求；</p> <p>2、焊缝寻位2s内可以识别多条焊缝；</p> <p>3、实现了机器人替代工人，解决了专业工人缺乏的困难；</p> <p>4、提高效率，单人可操作三台设备，效率提升了300%。</p>		
			


案例二	知象光电 REVOPOINT		
案例名称	3D视觉钢筋自动化焊接应用		
客户所属行业	某钢筋加工设备龙头企业		
企业需求点	钢筋管片是很多工程结构的核心骨架，使用非常的广泛。其特点是焊点位置误差大、焊点多、角度变化多、节点形式多，无法使用传统的寻位方法。企业需要一种精度高、体积小寻位方法，用于识别焊点的位置和焊接姿态。		
面临挑战	<ul style="list-style-type: none"> 1、工件组队误差大，局部位置误差超过20mm； 2、工件尺寸大； 3、工件局部形状误差大，焊缝间隙不均匀； 4、节点形式多样，有交叉、平行、圆弧等多种组成形式； 5、工作环境高原环境，昼夜温差大； 6、焊接时局部温度高。 		
项目应用核心技术点	<ul style="list-style-type: none"> 1、使用Tracer P1 3D相机实时高精度获取目标位置高精度点云； 2、使用 Tracer Studio 对不同的焊点进行识别，并计算焊接姿态，实时传输给机器人。 		
应用工艺环节	焊接		
解决方案	<ul style="list-style-type: none"> 1、系统方案：使用多台共轨工业机器人分段工作，以提高工作效率。使用知象光电 Revopoint提供的Tracer 3D焊接视觉系统实现对焊点的识别和机器人的引导； 2、视觉系统构成：Tracer P1高防护3D相机，Tracer Studio视觉软件，Tracer Assistant插件； 3、工作流程：首先对相机的拍照位进行参数化设置，机器人运动到拍照位后，使用 Tracer P1 3D相机对钢筋焊点位置进行拍照，进而识别不同尺寸、类型的钢筋结构，并准确反馈钢筋交叉点位置、间隙数据，引导机器人采用对应的工艺进行自动化焊接。 		
指标要求1	焊缝定位精度>0.5mm	指标要求2	间隙识别精度>1m
机器人用量	2套/工位		
项目成效及效益体现	<ul style="list-style-type: none"> 1、焊缝定位精度满足客户需求； 2、焊缝寻位2s内可以识别到焊点位置和间隙数据； 3、实现了机器人替代工人，解决了专业工人缺乏的困难。 		



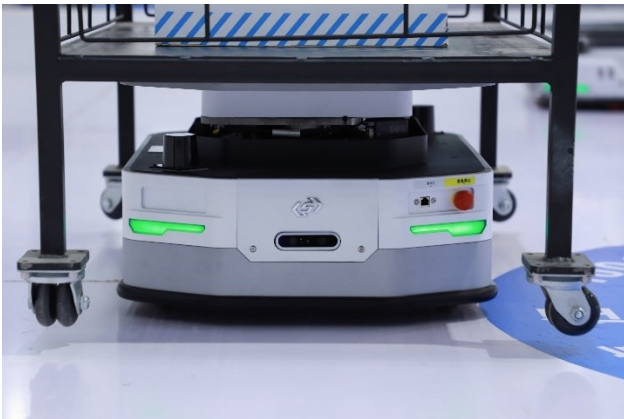
第四节 服务&移动机器人行业

<p>案例一</p>	 <p>DaBei 深度相机在高仙清洁机器人上的避障应用</p>
<p>案例名称</p>	<p>商用清洁深度相机避障应用</p>
<p>客户所处行业</p>	<p>商用清洁服务机器人行业</p>
<p>企业需求点</p>	<p>确保商用清洁机器人在园区、商超、医院等人流密集领域能够准确避障，做到在确保安全的基础上高效清洁，杜绝安全隐患。</p>
<p>面临挑战</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、园区等场景存在多种不同类别的障碍物，比如高亮的反光贴、黑色地贴都容易对相机产生干扰，导致产生误判； 2、园区内存在运动的车辆和行人，运动速度有快有慢，且清洁机器人本身也在运动中，需要对障碍物的类别进行判断，实现不同的避障策略； 3、商超、园区等领域存在扶梯、电梯厅等特殊场景，对深度相机场景适应性有极高的要求，一旦识别错误可能带来极为严重的后果。
<p>项目应用核心技术点</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、双目结构光深度成像，提供高填充率、高精度的深度图像； 2、普通室内商超场景，深度精度满足 1m 处偏差$\leq 1\%$； 3、对于障碍物识别，要求满足金属扶梯、运动人体等特殊障碍物的识别。
<p>应用工艺环节</p>	<p>商用清洁机器人在商超进行清洁任务的全过程中，都涉及深度相机的使用。</p>
<p>解决方案</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1、3D 识别人体位置，进行避让； 2、识别地面上的小物体，进行精准定位和避让，避免地盘受到损伤； 3、识别电梯厅的宽度和环境信息，对客梯和货梯进行精准的判断，确保不会进错位置。


指标要求 1	对于金属电梯厅、扶梯等准确识别	指标要求 2	对于高亮反光贴、不同颜色的车身、不同穿着的人体都能稳定识别，且最小识别物体可达 5cm
机器人用量	每台机器人搭载 2 台相机		
项目成效及效益体现	1、搭载奥比中光 DaBai 相机后，高仙 Vacuum 40 商用吸尘机器人已稳定运行 2 年以上，故障率几乎为 0； 2、工作效率提升明显，为商超节省了较多的人工，提升 30%以上工作效率，且支持在不开灯情况下进行清洁。		
 <p data-bbox="276 1030 639 1059">(高仙 Vacuum 40 商用吸尘机器人)</p>		 <p data-bbox="946 1030 1337 1059">(高仙 Sweeper 111 商用清扫机器人)</p>	

案例二	
案例名称	深度相机DaBai DCW在AMR无人小车上的应用
客户所处行业	工业机器人AMR行业
企业需求点	AMR因为自身结构的原因，单个激光雷达会被自身外壳遮挡，因此需要安装多个激光雷达用于导航。同时，由于激光雷达安装高度和FOV的原因，还需要在机器人前方安装一个或多个深度相机用于空间障碍物检测。
面临挑战	1、在实际运行过程中，机器人行走过程中的环境会经常变动，加上 AMR 机器人的运行速度通常较快，在空载时可达 2m/s，且 AMR 无人小车重量通常可达数百千克，承载货物后对安全性要求极高，因此需要准确且实时性高的障碍物识别与躲避； 2、在 AMR 无人小车的运行环境中，通常会有不同尺寸的货架和栈板。为了结构的稳固，栈板和货架通常都是铝合金或者不锈钢的型材，而后进行黑色喷漆，属于低反射率的薄板类障碍物，对深度相机的识别是一个较大的挑战； 3、由于仓库环境通常不会开空调，室温最高可达50℃，最低可达-10℃，对模组运行

	时的稳定性要求很高，模组需要在高低温环境稳定运行数小时不能出故障。		
项目应用核心技术点	双目结构光深度成像		
应用工艺环节	AMR机器人从搭载货物到运送货物的全过程		
解决方案	/		
指标要求1	工作温度-10~50℃	指标要求2	避障
机器人用量	单台机器人搭载1~2个深度相机		
项目成效及效益体现	TBD		



第五节 工业机器人行业

案例一	
案例名称	AI+3D视觉引导高精度机器人装配锁附
客户所属行业	工业机器人
企业需求点	<p>随着新能源、汽车、消费电子等新兴行业的发展，工业机器人也逐步在智能制造领域开拓了更多应用场景。在某头部机器人企业的生产车间，采用了“机器人生产机器人”这一生产模式，实现机器人生产制造自动化。出于以下原因，企业在该产线中引入了梅卡曼德3D视觉：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、提升精确性：通过3D视觉对螺孔、装配特征高精度定位，实现高精度螺丝锁附、装配，保证机器人生产质量； 2、提升一致性：通过3D视觉引导机器人组装机器人更具精准性和稳定性，消除人为因素的影响，产品更具一致性；

	<p>3、提升柔性：产线涉及不同种机器人的不同零部件，需3D视觉能适应柔性化生产。</p>
<p>面临挑战</p>	<p>现场共有八个工位搭载3D视觉，涉及转盘&底座上料装配、底座锁附、摇臂装配&锁附、手臂装配&锁附、中央手装配&锁附等多个生产环节。现场流程复杂，主要存在以下挑战：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1、高亮反光、结构复杂的螺丝在料框中乱序堆叠，需3D视觉高精度定位螺丝，引导机器人按序抓取螺丝放置于指定料盘。并判断料盘无螺丝位置孔位； 2、需3D视觉对直径较小的螺丝孔中心高精度定位，引导机器人完成锁附； 3、装配面特征多且复杂、表面反光、带有油污，对于3D相机成像能力要求高； 4、对于品规、尺寸各不相同的底座、齿轮箱、摇臂等机器人零部件，需要3D视觉系统兼容性、灵活性更强； 5、单个工件装配特征分离，单台3D相机无法实现装配工序，需对不同空间的多台相机采集的3D点云进行拼接； 6、现场流程复杂、布局紧凑，对于3D视觉方案整体精度、速度、稳定性要求高，以满足客户自动化、无人化生产需求。
<p>项目应用核心技术点</p>	<p>1、先进成像算法，可对结构复杂、高亮反光的工件高质量成像</p> <p>本案例中，涉及工件、装配面等大多结构复杂、表面反光且有防锈油，对3D相机成像能力要求高。梅卡曼德根据客户实际需求，为客户选配了高精度结构光工业3D相机Mech-Eye PRO S。基于先进成像算法，Mech-Eye PRO S可对结构复杂、高亮反光的各类工件、装配面生成细节完整、边界清晰的高质量点云数据。</p> <p>2、灵活的产品设计，满足不同工位生产需求</p> <p>基于先进、灵活的产品设计，Mech-Eye PRO S体积紧凑、安装灵活，支持多种安装方式。现场相机采用臂载式安装，针对不同工位、不同尺寸、不同形状的工件都能保证合适的拍照视野，使生产更具灵活性。同时，降低了夹具设计难度，无需专门考虑规避相机。</p> <p>3、高精度圆心检测及智能映射算法，实现高效、精准螺丝锁附</p> <p>高精度圆心检测算法，高精度定位螺丝孔，可将长达100mm的螺钉精准锁附到螺孔内；智能映射算法，无需一拍一定位。一次拍照即可实现对单个装配面所有螺丝孔位的高精度定位，引导机器人按序完成锁附，锁附效率大幅提高。</p> <p>4、可应对乱序堆叠工件的3D视觉识别技术</p>

	<p>Mech-Vision机器视觉软件内置3D视觉、深度学习等先进算法，可精准确识别不同规格、不同材质、乱序堆叠螺钉，无需海量数据训练，极大降低了产线运作成本。</p> <p>5、多相机点云融合算法，实现机器人生产全流程自动化</p> <p>针对单个工件定位特征分离的装配需求，采用先进的点云拼接算法，对不同空间多台相机采集的点云进行高精度融合，对工件的整体精准定位。实现机器人各个零部件的高精度装配、锁附，完成机器人生产全流程自动化。</p>		
应用工艺环节	机器人生产组装		
解决方案	<p>1、流程简述：现场共涉及转盘&底座上料装配、底座锁附、摇臂装配、摇臂锁附、手臂装配、手臂锁附、中央手装配、中央手锁附共八个工位。通过3D视觉引导机器人完成了乱序螺丝分拣、螺丝锁附、高精度装配等工序。实现了从机器人组装的第一道工序到最终成品出厂全流程自动化；</p> <p>2、Mech-Vision机器人视觉软件，内置先进的点云融合算法、深度学习模块、高精度圆孔检测算法、先进的模板匹配算法及智能坐标系处理模块等，将所有3D相机采集的点云数据结果，稳定高效的计算出最终的抓取位姿和装配位姿，实现机器人的装配和螺丝锁附；</p> <p>3、Mech-DLK深度学习平台，搭载先进自研AI智能算法，通过少量样本即可实现对不同品规、不同材质、乱序堆叠的螺钉进行精准识别，配合Mech-Vision机器人视觉软件，最终实现引导机器人精准定位抓取螺钉；</p> <p>4、提供丰富、标准的通讯模块，支持3D视觉系统与使用主流通讯协议的机器人进行通讯。客户无需进行通讯程序开发，即可实现3D视觉系统与机器人的稳定通讯。</p>		
指标要求1	装配精度 $\leq 0.25\text{mm}$	指标要求2	视觉节拍 $\leq 3\text{s}$
机器人用量	8台		
项目成效及效益体现	<p>1、构建了国内第一条生产重载机器人的全自动化产线，该条自动化产线从机器人组装的第一道工序开始，到最终生产出一个成品，都实现了“无人化”的目标；</p> <p>2、单班产能提高50%，工时效率提高30%，助力打造智能化、无人化机器人工厂；</p>		



第六节 其他行业

<p>案例一</p>	<p>CSTIPC 康士达科技</p>
<p>案例名称1</p>	<p>工程机械金属板材加工</p>
<p>客户所属行业</p>	<p>工程机械</p>
<p>企业需求点</p>	<p>解决生产效率低、工艺水平不达标、工作环境恶劣、安全隐患大的痛点</p>
<p>面临挑战</p>	<p>1、钢板切割缝隙微小（0.2-2mm），对于3D视觉识别精度要求高； 2、工件自重大且种类繁多，人工分拣强度大、效率低。</p>
<p>项目应用核心技术点</p>	<p>1、配合机器人/桁架机器人使用，完成小件/中大件分拣； 2、应用AI+3D视觉技术，实现海量工件精准识别及抓取。</p>
<p>应用工艺环节</p>	
<p>解决方案</p>	<p>在传统机械手臂上，康士达高性能工控机Q6AMV工控机，配合客户自研的3D AI相机，提供柔性高效、易用性强的AI+3D视觉方案；已在钢板切割下料、校平、配盘、坡口切割、焊接等多个工程机械金属板材加工环节完成批量部署，渗透工程机械生产上下游工艺，助力终端客户实现自动化、柔性化生产。</p>

指标要求1	效益提高2倍	指标要求2	直通率提高5%
机器人用量	97台		
项目成效及效益体现	实施7个月以来，生产效率提升达到2倍，生产直通率提高6.4%。		

3D视觉引导钢板切割下料



3D视觉引导钢板抓取&组对焊接



案例二	<h1 style="text-align: center;">CSTIPC</h1> <h2 style="text-align: center;">康士达科技</h2>		
案例名称2	积木零件全自动生产基础设施（搬运）		
客户所属行业	玩具行业		
企业需求点	<ol style="list-style-type: none"> 1、劳动力短缺； 2、生产和发货的效率较低。 		
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、仓库布局优化； 2、搬运路线优化。 		
项目应用核心技术点	<ol style="list-style-type: none"> 1、3D MAP 建图（路线图）； 2、障碍物识别。 		
应用工艺环节	/		
解决方案	<p>康士达AI BOX U11MSK工控机可作为整个AGV/AMR的核心部件，对AGV/AMR车辆的运行状态、运行路线、故障报警和物料状态进行数据读取，透过计算控制角色自行调整路径，承担起自主运行的核心，并时刻保障系统的实时性和准确性，从而提升智能仓储移动物流的效率。</p>		
指标要求1	人力节省50%	指标要求2	效率提高2倍
机器人用量	287台		

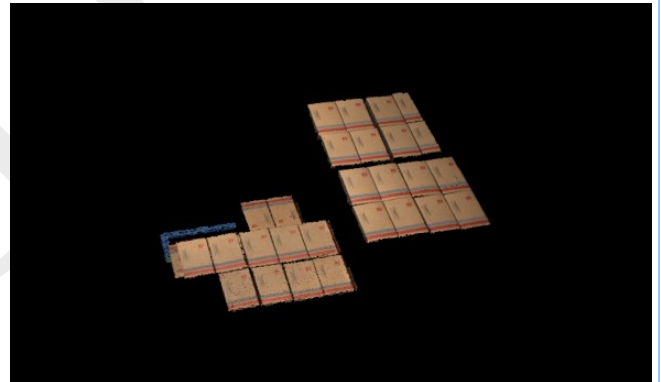
项目成效及效益体现	<ol style="list-style-type: none"> 1、搬运工人数，节省60%； 2、分拣和打包的效率都提高了3倍。
-----------	---



案例三	
案例名称	可应对多种品类的纸箱/泡沫箱拆码垛
客户所属行业	电器制造业
企业需求点	<p>在该客户的仓库出入库环节中，客户每天需要对大量的纸箱、泡沫箱进行拆码垛。自动化改造之前，客户仓库中主要采用人工搬运方式进行出入库。但人工搬运强度大、效率低，且人力成本不断上涨，客户遂计划采用自动化物流设备、机器人、AI+3D视觉等先进技术，实现人-机-物的高效协同作业，实现企业降本增效。</p>
面临挑战	<ol style="list-style-type: none"> 1、箱体存在复杂图案、扎带、贴标等情况，对于3D相机成像能力要求高； 2、现场纸箱上部未密封，需要从侧面进行抓取，需3D视觉识别箱体长短边，完成侧面抓取点转换，调控吸盘分区； 3、现场空间有限，布局极为紧凑。单工作站包含6个拆码垛工位，机器人运动规划及碰撞检测面临较大挑战； 4、现场工艺流程复杂，对3D视觉系统有诸多工艺要求，需要实现单品类单拆、多品类混拆、多品类混码、单品类续码等功能。
项目应用核心技术点	<p>1、可应对复杂物体（胶带、扎带、图案等）的高质量3D成像技术</p> <p>本案例中，出入库涉及的箱体表面图案复杂，且存在胶带、扎带、贴边等情况。客户选用了梅卡曼德物流搬运场景旗舰相机Mech-Eye DEEP工业级3D相机。该相机可对现场的复杂箱体高质量成像。具备大视野、大景深等优势，对于客户现场大托盘、大垛型拆垛场景应用效果良好。</p>

	<p>2、可应对各种物体姿态的智能规划抓取技术</p> <p>识别纸箱朝向（横向、纵向），智能规划纸箱抓取及放置策略。</p> <p>3、应对复杂工况的机器人运动路径规划技术</p> <p>Mech-Viz机器人编程软件内置机器人运动路径规划、碰撞检测等先进算法，能够快速生成无碰撞的轨迹，引导机器人稳定抓取。避免拆码垛时夹具与箱子、箱子与箱子之间发生碰撞；全自动生产，无需人工干预。</p> <p>4、可适应多种物体品规的深度学习型</p> <p>基于海量数据，软件内置的纸箱类物体深度学习模型，可让系统迅速适应纸箱新货品；可有效解决物流场景SKU种类多、品规丰富、新增频繁等情况。</p>
<p>应用工艺环节</p>	<p>各类物流仓库的出入库环节。</p> <p>入库时：将纸箱来料按要求码放到托盘上，然后将托盘存入立库。</p> <p>出库时：立库调取托盘到达分拣站，将订单所需的产品拆垛后码放到订单托盘后出库转运。</p>
<p>解决方案</p>	<p>1、流程简述</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 托盘运送到指定工位，PLC告知3D视觉系统待拆码垛箱体信息，包括纸箱长宽高、待抓取工位、待抓取区域、待放置工位、待放置区域等； ✓ 3D相机进行拍照，视觉系统获取托盘上纸箱的位姿信息，引导机器人抓取纸箱； ✓ PLC告知3D视觉系统码放工位及区域，视觉系统引导机器人将箱子码放到指定托盘的合适位置； ✓ 重复上述循环直到拆垛任务完成或者码垛托盘码满； ✓ 上报拆码垛完成信号，等待PLC发送下一次任务。 <div data-bbox="576 1503 1318 1917" data-label="Image"> </div> <p>2、3D视觉系统构成：Mech-Eye DEEP工业级3D相机、Mech-Vision机器视觉软件、Mech-Viz机器人编程软件；</p>

	<p>3、3D相机安装于滑轨上，移动至不同工位拍照，既能处理多个工位又能节约成本。视觉处理时间不占用拆垛整体节拍，提升3D相机图片采集效率；</p> <p>4、可应对外表深色或白色、胶带、扎带、贴标等复杂情况；可识别纸箱条纹方向，智能区分纸箱朝向；</p> <p>5、可实现单SKU单拆、多SKU混拆、多SKU混码以及半垛续码等功能；</p> <p>6、软件内置深度学习超级模型，无需学习，可迅速适应纸箱新货品；</p> <p>7、智能规划轨迹，避免拆垛、码垛时夹具与箱子、箱子与箱子之间的碰撞；全自动生产，无需人工干预；</p> <p>8、与AGV、传送带、WMS等物流设备配合，实现复杂场景自动化落地。</p>		
指标要求1	抓取成功率>99.99%	指标要求2	生产效率达16000箱/日
机器人用量	4台/产线		
项目成效及效益体现	<p>1、为客户打造了典型的自动化拆码垛工作站，单工位可以替换2-4个人工，工作效率提升10倍以上；</p> <p>2、有利于改善作业环境，提升客户安全生产的能力。</p>		



关于我们:

高工咨询成立于 2006 年,是以新兴产业为研究方向的专业咨询机构。专注于机器人、锂电、电动车、氢电、智能汽车、新材料、LED 等国家战略新兴产业领域的产业研究和咨询服务,为企业、金融机构和政府提供全方面的整合服务。

高工咨询拥有超过 100 名产业研究人员,每年实地调研超过 3000 家企业,建立了全面的产业研究及咨询数据库。服务过 60 多家世界 500 强公司,100 多家中国上市公司,50 多个地方政府。

高工咨询服务矩阵:



联系我们:

深圳市高工咨询有限公司

地址: 深圳市南山区蛇口网谷万海大厦 A 座 401-402

电话: 0755-26981898

邮箱: sn.luo@gaogong123.com 或 zhangyuan.lu@gaogong123.com

联系我们：

高工机器人产业研究所 (GGII)

电话：13530052504

邮箱：Zhangyuan.lu@gaogong123.com



高工机器人
官方微信号



高工移动机器人
官方微信号