

机器视觉在汽车总装领域的应用

版本号 Version 01

更新日期 Date 2022-07-11

公司简介

一汽-大众汽车有限公司佛山分公司是一汽-大众首个MEB工厂，目前生产ID.4、ID.6、Audi Q4三款MEB平台纯电动车型，具备电动产能35万/年。

MEB平台导入

ID车型投产

2013
建成投产

388 亿
投资金额

166.3 万m²
占地面积

60 万
规划产能

核心价值观 诚信创造价值、尊重成就共赢

经营方针 市场导向、管理创新、
质量至上、技术领先

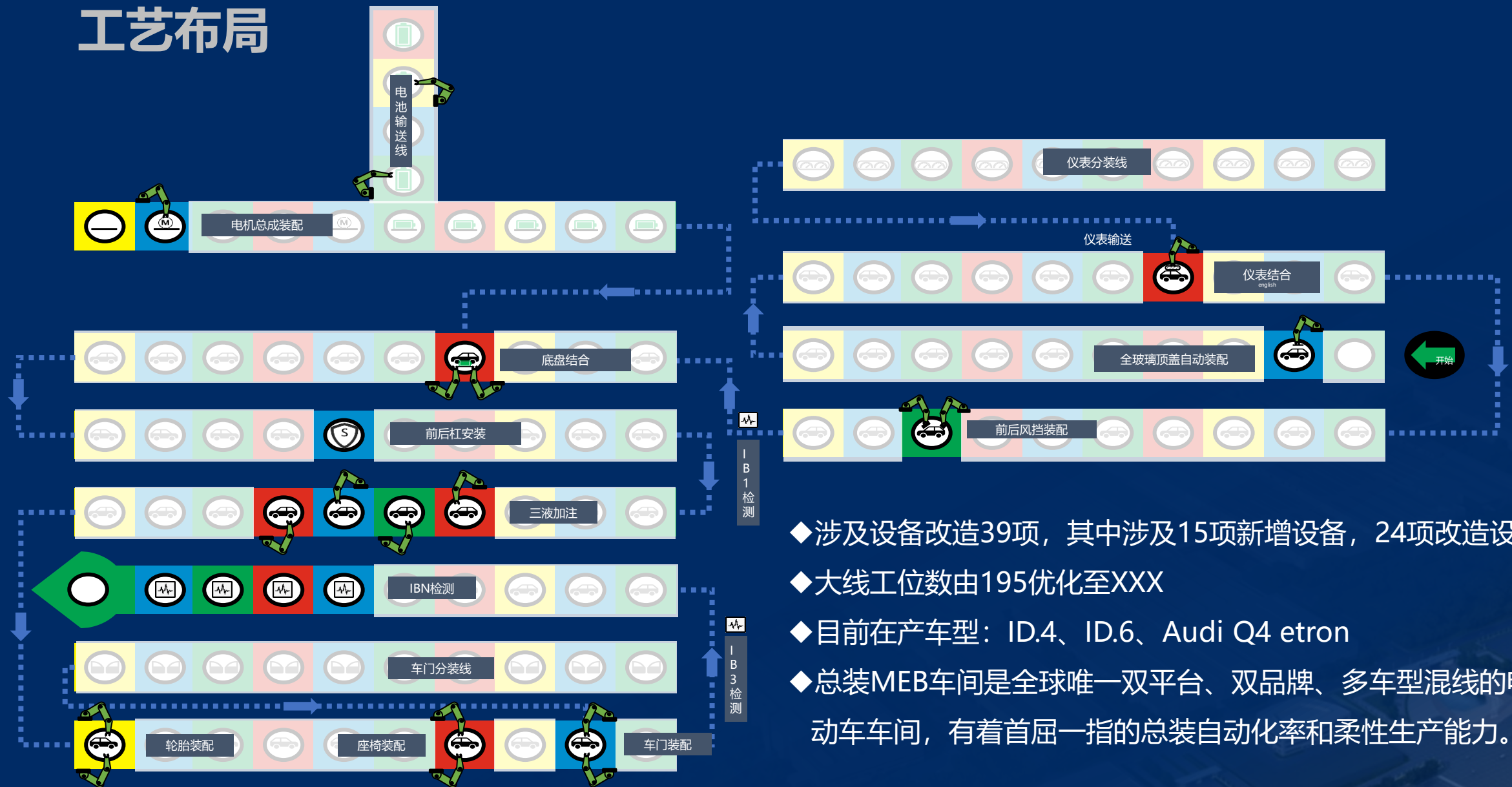
公司使命 造价值经典汽车，创卓越出行服务，
促人、车、社会和谐

公司愿景 中国最优秀的汽车企业
员工和伙伴心中最具活力的公司

总装MEB车间重要里程碑



总装MEB车间 工艺布局



- ◆ 涉及设备改造39项，其中涉及15项新增设备，24项改造设备
- ◆ 大线工位数由195优化至XXX
- ◆ 目前在产车型：ID.4、ID.6、Audi Q4 etron
- ◆ 总装MEB车间是全球唯一双平台、双品牌、多车型混线的电动车车间，有着首屈一指的总装自动化率和柔性生产能力。

机器视觉助力总装车间自动化率提升

汽车总装车间作为冲、焊、涂、总四大工艺的最后一道关口：

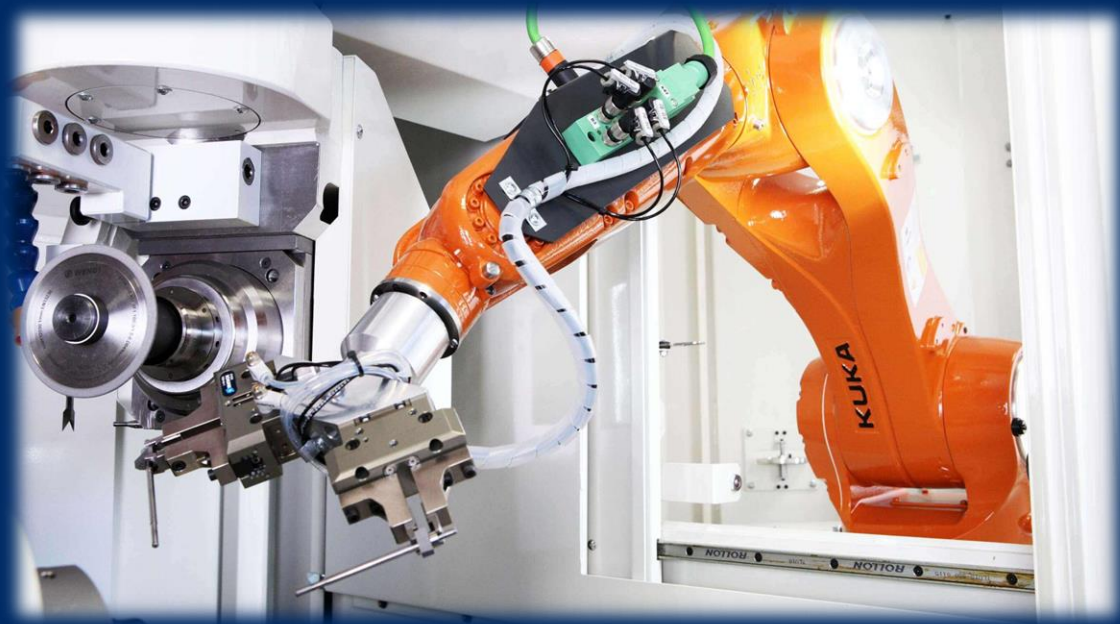
- 生产工艺最复杂、设备种类最多，很非标的车间
- 生产人员数量最多，自动化率最低

一汽-大众总装MEB车间有着首屈一指的总装自动化率



智能制造需要机器视觉

机器视觉使工业机器人具备了像人一样观察事物的能力



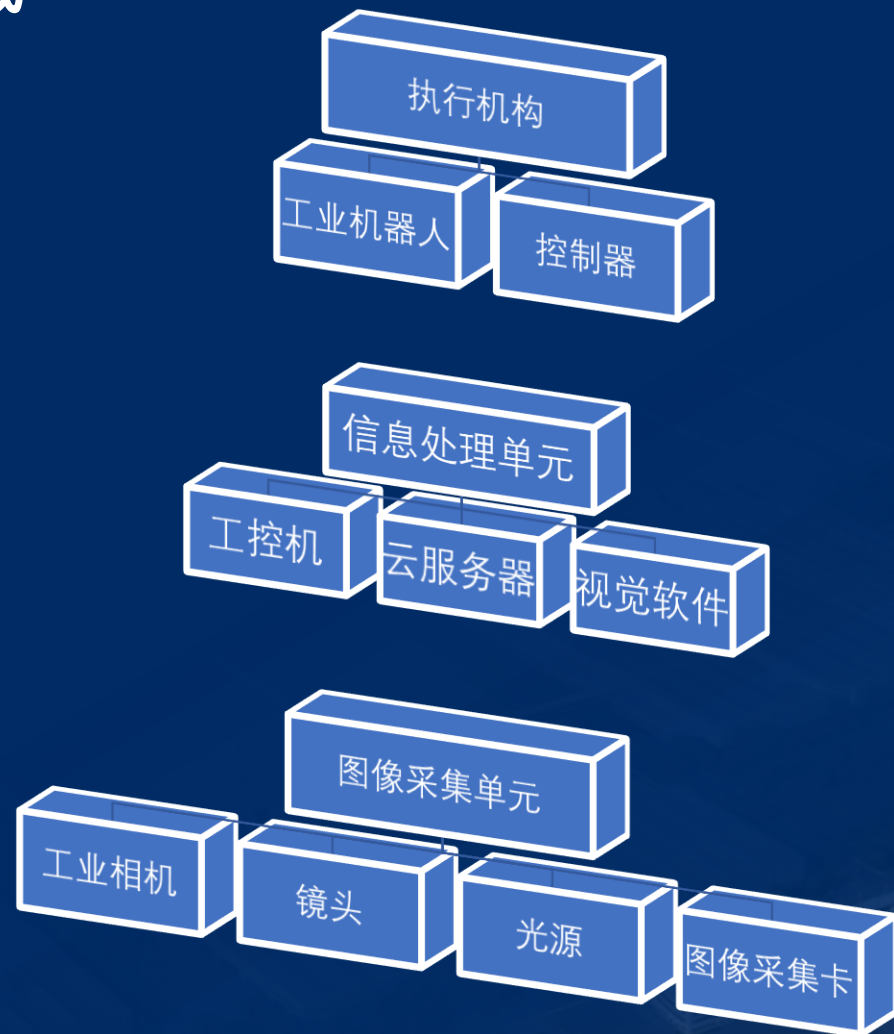
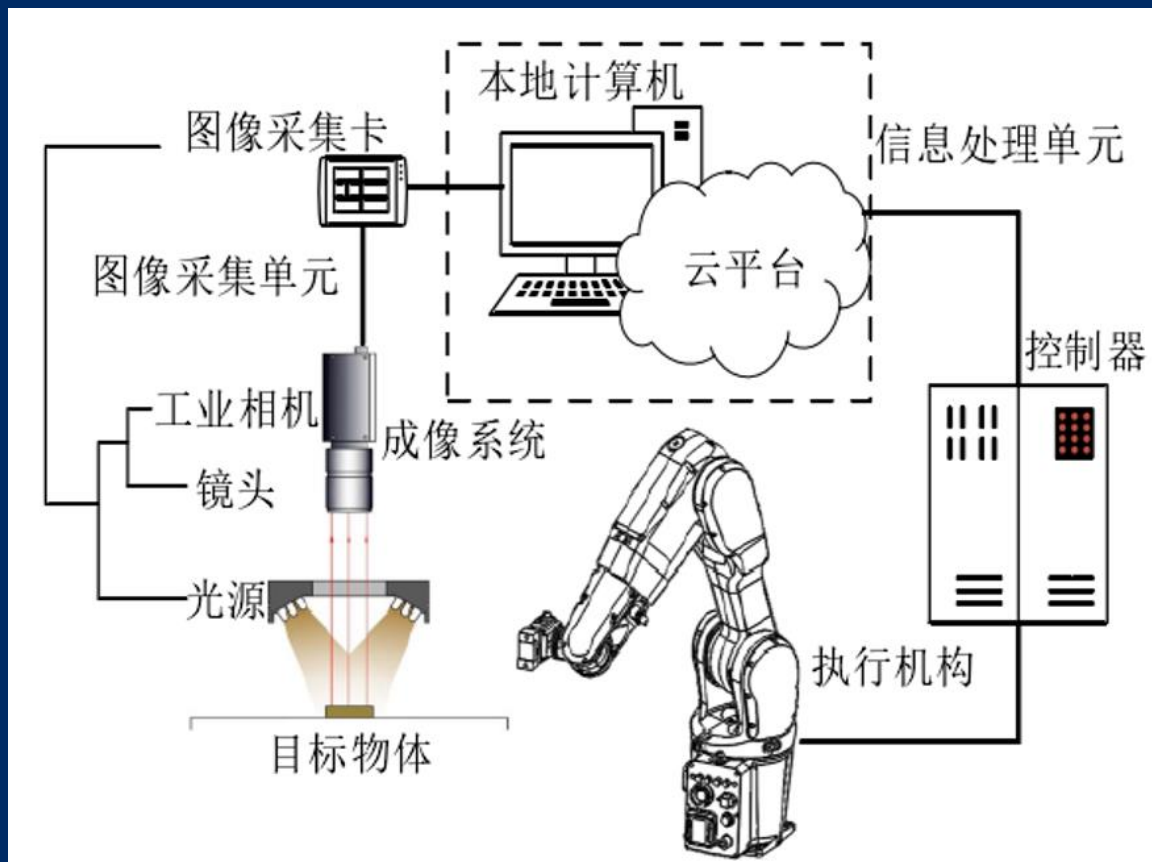
以工业机器人为主体的自动化设备代替人工在危险、恶劣等复杂的工作环境下完成关键生产工艺的操作，实现更高的生产精度，要求，发挥更大的效率，是完成制造业各领域从“制造”到“智造”的重要转型升级过程。

进一步提升机器人对外部环境的感知能力，提升工业机器人在复杂环境下的精确操作能力是有益于**创新工业机器人的应用场景**。

视觉传感器相较于其他传感器能够为工业机器人提供更加完整的环境信息，同时工业视觉系统便于与机器人集成，具备非接触测量方式，以上优势使**视觉传感器与工业机器人的结合具备显著的实用性**，视觉感知已逐渐成为智能化工业机器人**最重要的感知能力**。

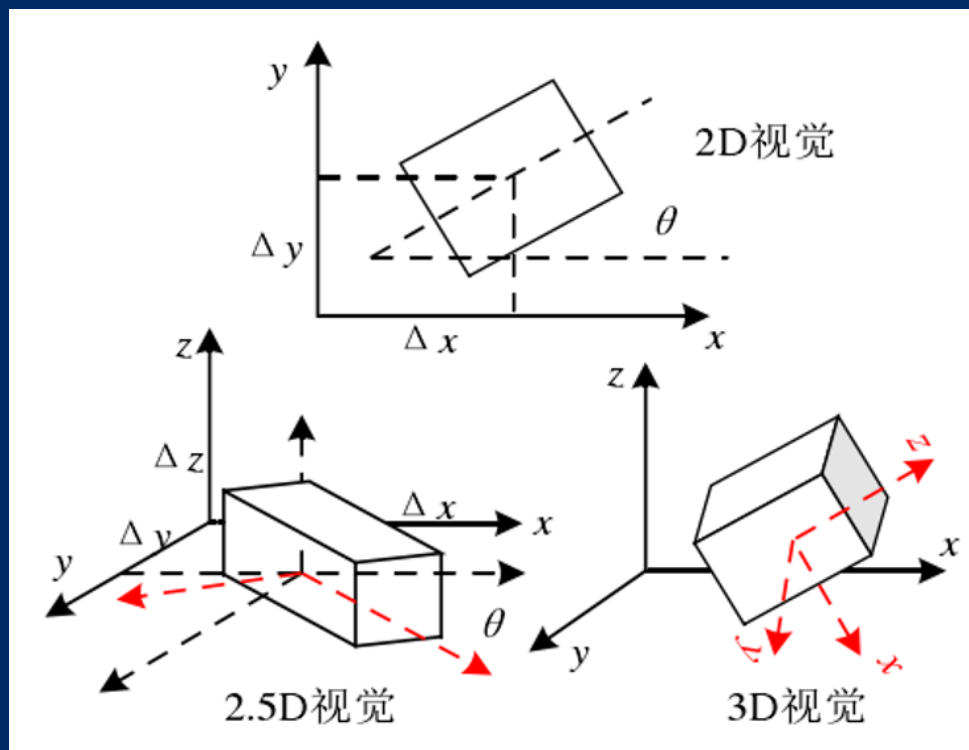
典型工业机器人机器视觉系统

由图像采集单元、信息处理单元以及决策执行单元组成



机器视觉系统分类

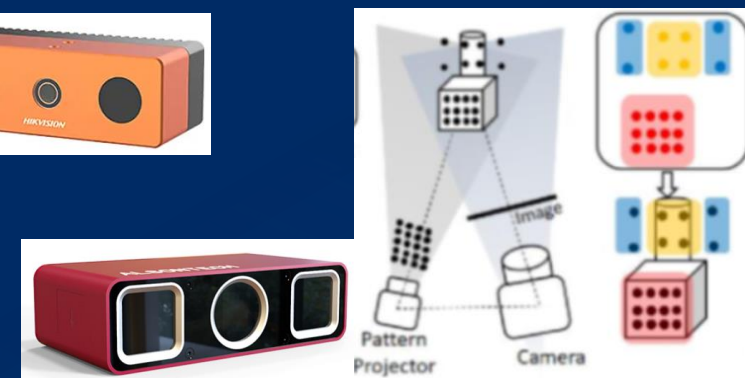
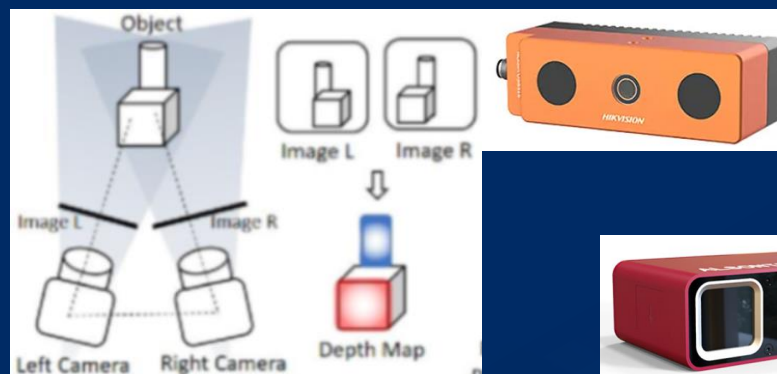
- **2D:**适用于目标平面运动状态的场景，完成对目标平移和旋转三个方向自由度获取
- **2.5D:** 在2D的基础上增加了目标深度信息的获取，适用于工业码垛等需要场景深度信息的场合
- **3D:** 适用任务需求复杂的场景，可以对目标在空间上六个自由度信息的采集



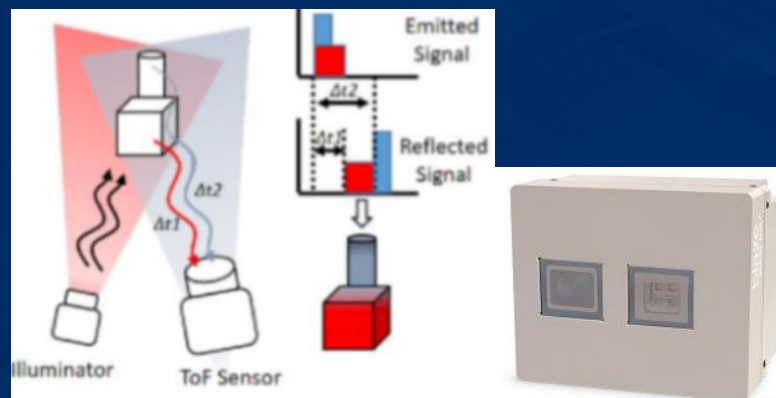
- **2D:** 线扫式相机、面阵相机
- **2.5D:** 2D相机+激光测距



- **3D:** 不同角度的两台相机组成**双目系统**、光栅投射器和相机组成的**结构光相机**、

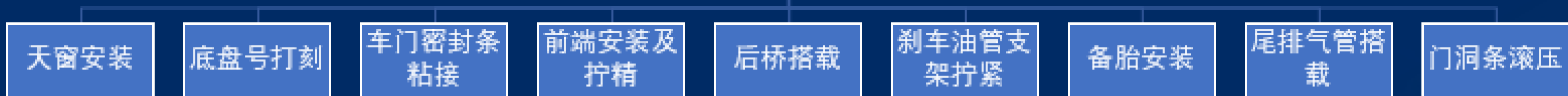


利用脉冲往返飞行时间计算深度信息的 **ToF传感器 (Time-of-Flight)**

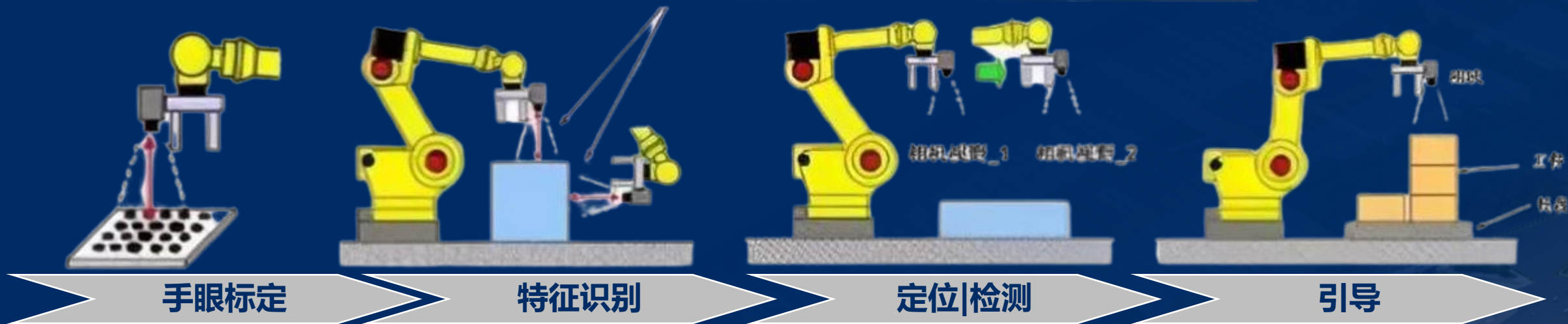
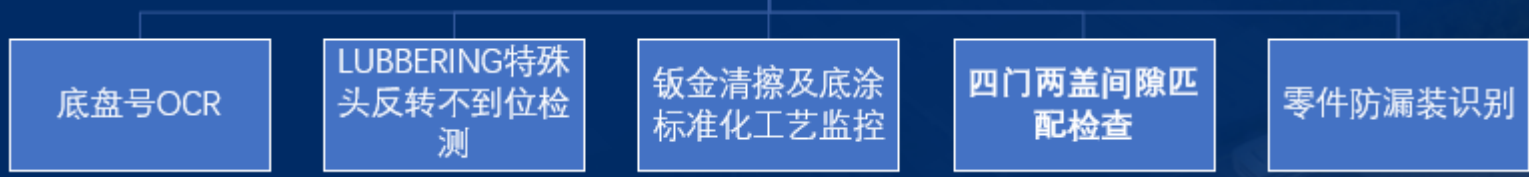


机器视觉在应用功能分类

- **定位-引导**: 迅速精确地寻找目标并确定其位置, 引导工业机器人运动至准备位置执行工艺操作, 实现工艺全自动化, 减少生产人员, 提升效率。



- **识别-分类**: 工艺检测、尺寸检验、OCR识别、条码识别, 实现过程、产品质量检测, 代替人工。



合适的特征选择是机器视觉系统完成目标检测任务的关键。特征是对目标物体自身具备的能够区别于其他物体特殊性质的抽象描述, 应该具备独特性和可区分性, 常见的图像目标特征有颜色特征、纹理特征和几何形状特征等。

定位-引导 ① 全景天窗自动涂胶及安装

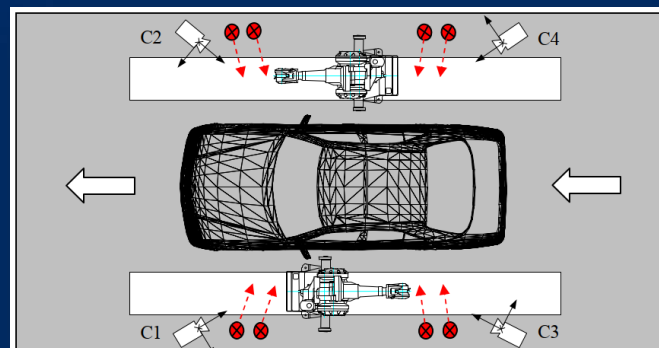


场景：带漆车身输送至工位后，机器人将带胶全景天窗准确地安装至车顶钣金上，同时满足匹配要求，节省操作人员2名/班次

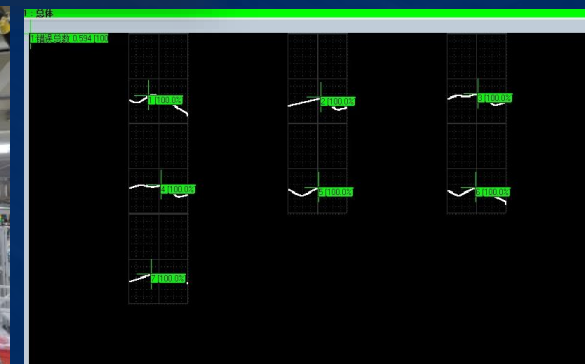
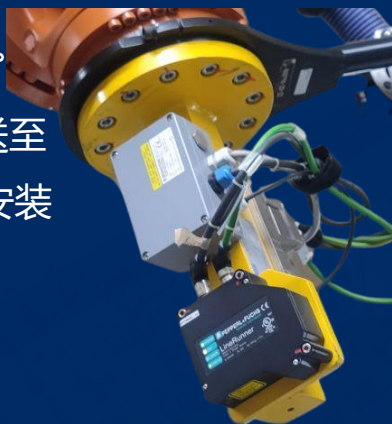
- **方案：**涂胶站内部署2台涂胶安装机器人，1台测量及机器人，同时采用倍加福VMT的3D测量系统，包含4个2D相机及1个激光摄像头，以引导安装机器人安装时最后一步的位置姿态。



1. **车身定位：**建立视觉3D 测量系统，在涂装站中布置的4个2D摄像头，车身到位后，拍摄4个轮罩区域的特征孔位，通过图形像素计算和坐标转换，计算得出实际车身与理论车身的位置偏差 δ_1 (6个自由度)。



2. **车顶定位：**测量机器人工具端安装BK激光摄像头，按固定轨迹扫描车顶钣金天窗安装区域7个切面，计算出车顶钣金轮廓与标准轮廓的位置偏差 δ_2 (6个自由度)。



3. **引导安装：**视觉系统将测量偏差 $\delta = \delta_1 + \delta_2$ 发送至安装机器人，引导安装机器人运行至精确位置安装天窗。

定位-引导 ② 全自动底盘号打刻

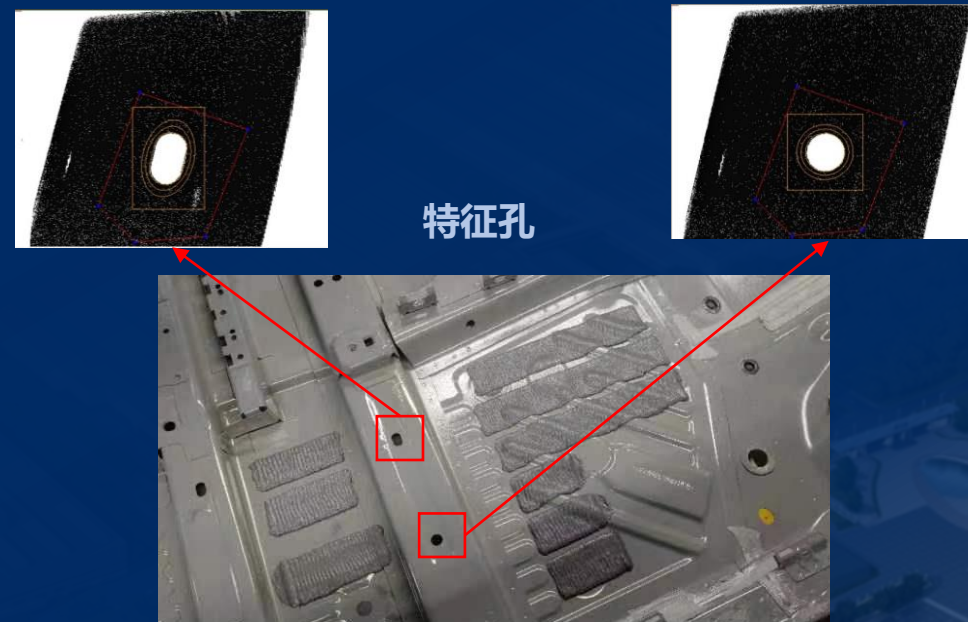


场景：带漆车身输送至工位后，开门机器人将车门打开，打号机器人进入车身内部底盘号刻印区域，在准确位置进行打号，节省操作人员2名/班次


- **方案：**打号机器人第六轴搭建打刻头及3D结构光相机，以引导打号机器人打号时的位置姿态



1. **图像获取：**车门打开后，打号机器人进行车身内，依次运行至两个拍照位置点拍摄照片。
2. **区域定位：**在车身内部底盘号刻印区域，选取两个特征孔，3D结构光相机捕捉这2个特征孔，并计算它们与标准车身对应特征孔的位置偏差，利用坐标转换得出刻印区域的钣金位置与标准车身钣金位置的偏差 δ (6个自由度)
3. **引导打号：**视觉系统将测量偏差 δ 发送至打号机器人，引导打号机器人运行至准确位置，驱动打号头进行底盘号刻印

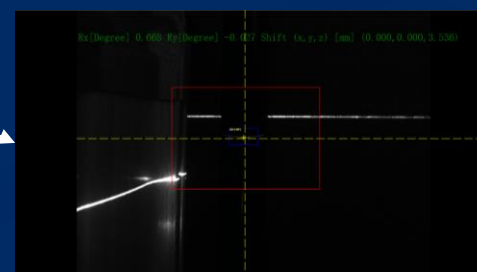
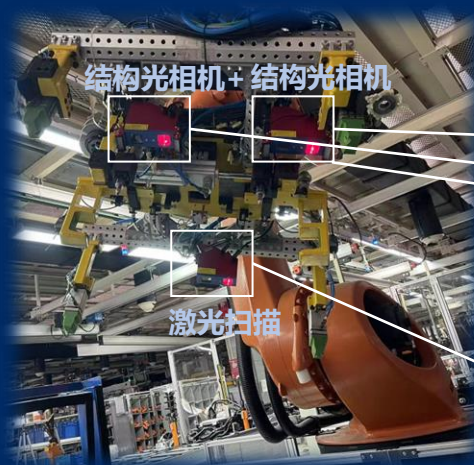
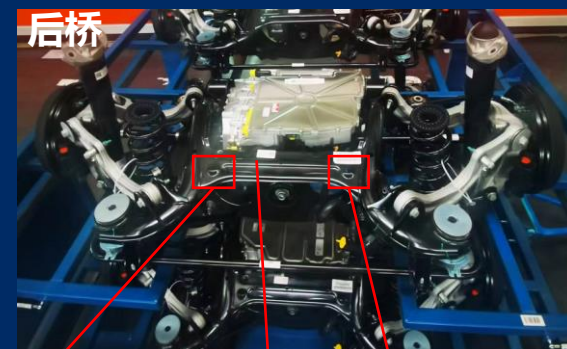


定位-引导 ③ 后桥自动搭载

 **场景：**MEB托盘在底盘分装线输送到工位后，机器人自动从框车中抓出后桥，并安装至托盘上，节省操作人员1名/班次

- **方案：**在机器人抓手框架上部署思锐特3D视觉系统，引导机器人准确抓取后桥。抓取时相机同时扫描后桥上的二维码，与托盘型号对比一致后再将后桥安装至托盘上

1. **拍摄扫描：**机器人运行至拍照位置点开启摄像头进行拍摄，摄像头同时扫描后桥上一维码，进行车型对比。
2. **后桥定位：**车型对比无误后，在后桥上选取2个孔作为特征孔，两个2D相机分别对其拍摄照片，计算出与标准后桥2个孔的位置偏差，拟合出整个后桥的相对标准后桥的平移和旋转的位置偏差。
3. **后桥抓取：**视觉系统将测量偏差 δ 发送至机器人，引导机器人准确抓取后桥



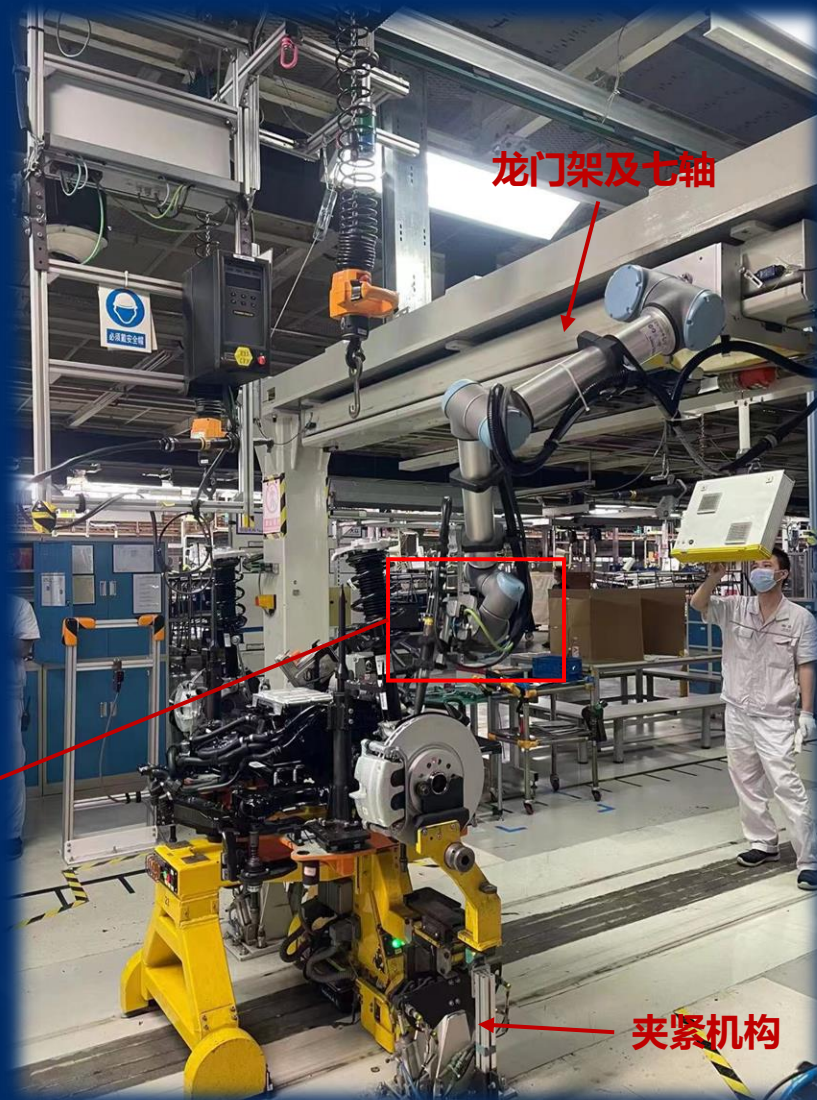
4. **后桥搭载：**类似码垛，机器人将后桥安装至MEB后托盘上

定位-引导 ④ 刹车油管支架拧紧



场景：重载AGV小车将前桥输送至工位后，安装在龙门架上的UR协助机器人自动拧紧左右两侧的刹车油管支架，节省操作人员1名/班次

- **方案：**在机器人第六轴安装EC扳手及康耐视2D相机，引导机器人上EC扳手准确完成对钉
- 1. **AGV定位：**地面设置基于气缸的夹紧机构，AGV到位后气缸抱紧完成目标粗定位
- 2. **右侧拧紧：**UR机器人先运行至右侧拍照位，相机拍摄照片计算出目标螺钉与标准位置的偏差（X,Y），将偏差发送至机器人控制器引导机器人上的EC扳手准确完成对钉并拧紧螺钉
- 3. **左侧拧紧：**UR机器人通过龙门架上的七轴移动至左侧，按右侧一样流程完成左侧螺钉的拧紧



定位-引导 ⑤ 前端自动安装及拧紧

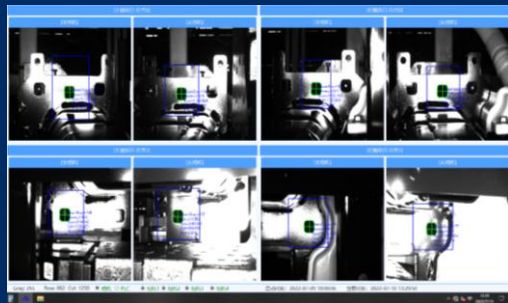


场景：安装机器人自动从前端吊具上抓取前端，待车身EHB到位后，安装机器人将前端准确结合至车身，同时，拧紧机器人自动对钉，准确将前端拧紧至车身上，节省操作人员4名/班次

- **方案：**在安装机器人抓手上部署Balser双目视觉系统，引导机器人完成前端的抓取及安装，引导机器人完成前端结合拧紧

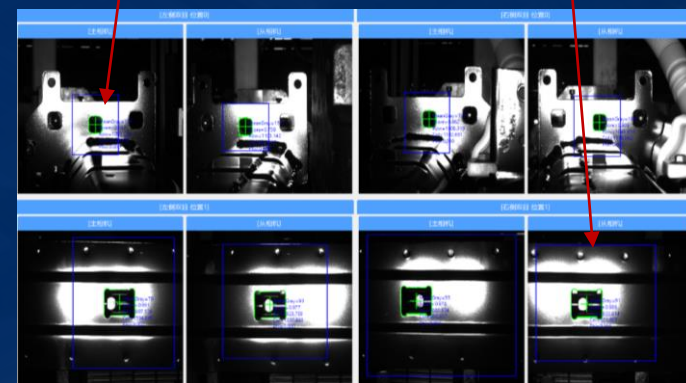


1. **前端抓取：**安装机器人依次运行至两个拍照位置点开启摄像头进行拍摄，捕捉到前端零件上的4个特征孔，并计算它们与标准前端特征孔的位置偏差，利用坐标转换得出整个前端零件与标准零件的位置偏差 δ_1 (6个自由度)，利用此偏差引导机器人完成前端抓取



2. **前端结合：**安装机器人依次运行至两个拍照位置点开启摄像头进行拍摄，捕捉到车身上左右两个的4个特征孔，并计算它们与标准车身特征孔的位置偏差，利用坐标转换得出当前车身与标准位置的偏差 δ_2 (6个自由度)，利用此偏差引导机器人完成前端结合

3. **前端拧紧：**双目系统计算出车身与标准位置的偏差 δ_2 后，同时将该偏差发送至拧紧机器人，引导拧紧机器人完成前端拧紧

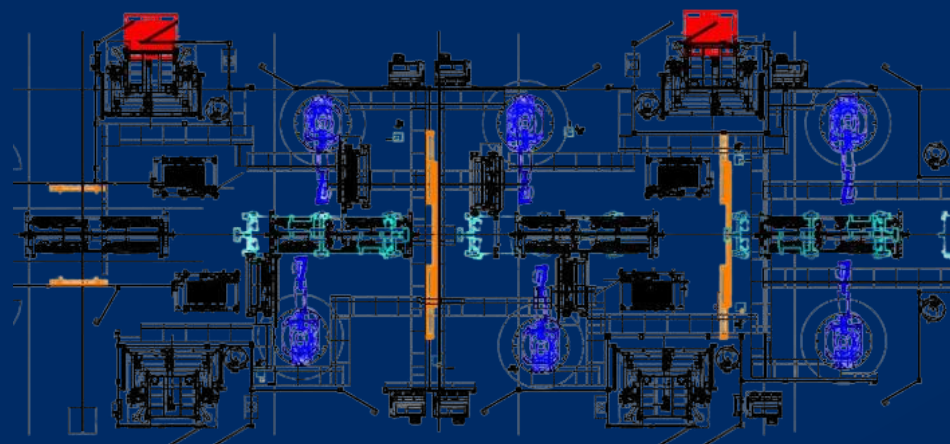


定位-引导 ⑥ 车门密封条自动粘接及打孔



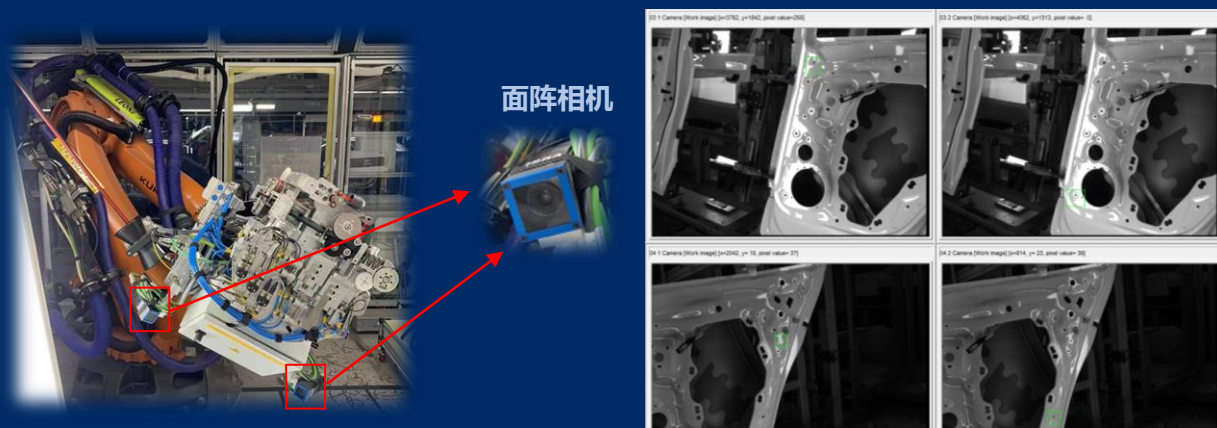
场景：车门吊具将车门输送至工位，由4台机器人完成前后左右4个车门的密封条粘接。粘接完成后，再由另外两台机器人完成左右两侧车门的打孔（排水孔），节省操作人员4名/班次

- **方案：**在每台粘接机器人工具端安装Isra双目视觉系统，引导机器人完成密封条粘接；在每台打孔机器人上安装Isra 3D结构光相机，引导机器人准确将孔打在密封条上，

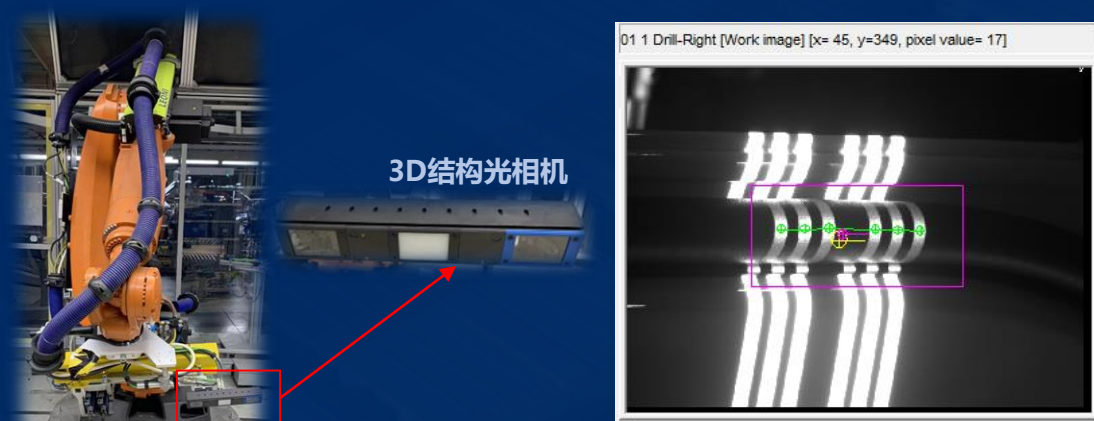


1. **车门定位：**粘接机器人运行至拍照位置点开启摄像头进行拍摄，捕捉到车身零上的4个特征孔，并计算它们与标准车门特征孔的位置偏差，利用坐标转换得出当前车门与标准车门的位置偏差 δ_1 (6个自由度)

3. **密封条定位：**打孔机器人运行至拍照位置点，开启结构光相机进行拍摄，识别出密封条的3D轮廓，计算出当前轮廓与标准位置密封条轮廓的位置偏差 δ_2 (4个自由度)



2. **密封条粘接：**视觉系统将4个车门的位置偏差发送至4台机器人，引导机器人完成密封条粘接



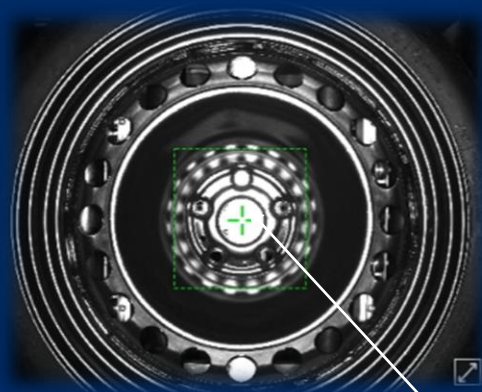
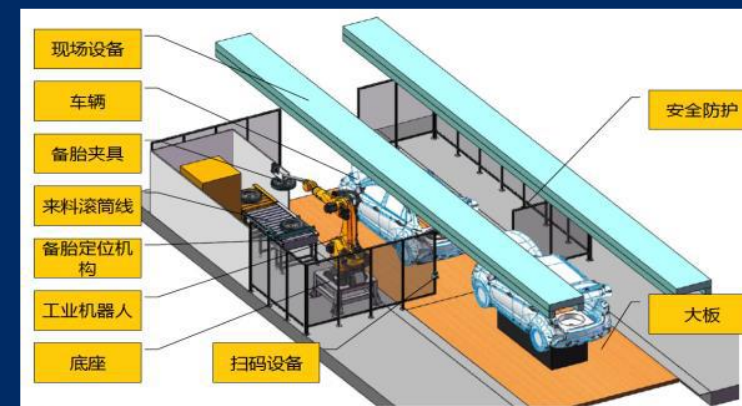
4. **打排水孔：**视觉系统分别将左右两侧各2个车门的密封条位置偏差发送至2台机器人，引导机器人在正确的位置打排水孔

定位-引导 ⑦ 备胎自动安装



场景：在不停线的前提下，机器人完成备胎抓取，随车车辆，将备胎放置至车后备箱。期间保证机器人不与车辆干涉碰撞，节省操作人员1名/班次

- **方案：**
 - 1.利用扫码头扫描车辆左前翼子板上的条码实现车型识别；
 - 2.增加编码器识别大板的位置，实时定位车辆的位置；
 - 3.机器人末端轴上安装易思维 2.5D 摄像头，引导机器人完成备胎的抓取及放置入车身。



偏差为2自由度 (X, Y)

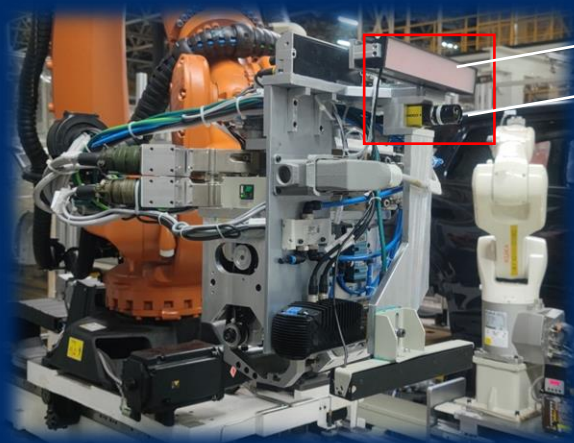


偏差为3自由度 (X, Y, Z)

识别-分类 ① 底盘号OCR检测

背景描述

- MEB车型底盘号采用全自动设备打刻，整个打刻工艺过程中没有人员介入
- 底盘号出现与fis数据对应不上、重码、打刻缺陷等问题时不能及时发现
- 自动打号工位与底盘号拓印工位间隔19个工位，出现质量问题时容易都恶化成批量问题，曾出现过13台车批量打坏



LED光源
2D相机

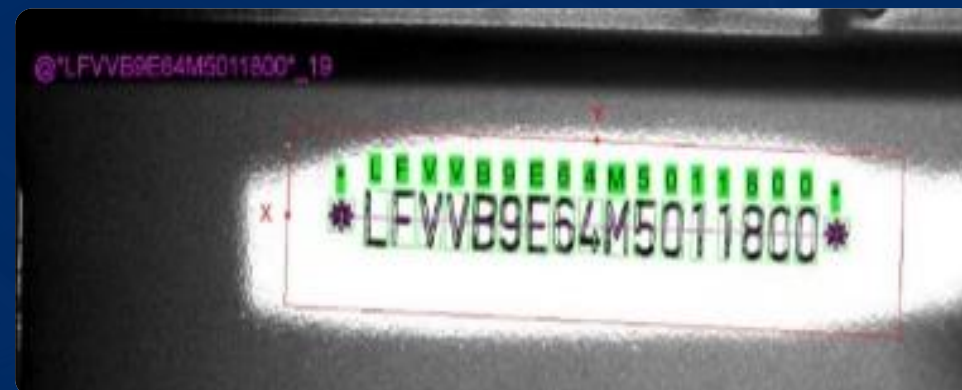
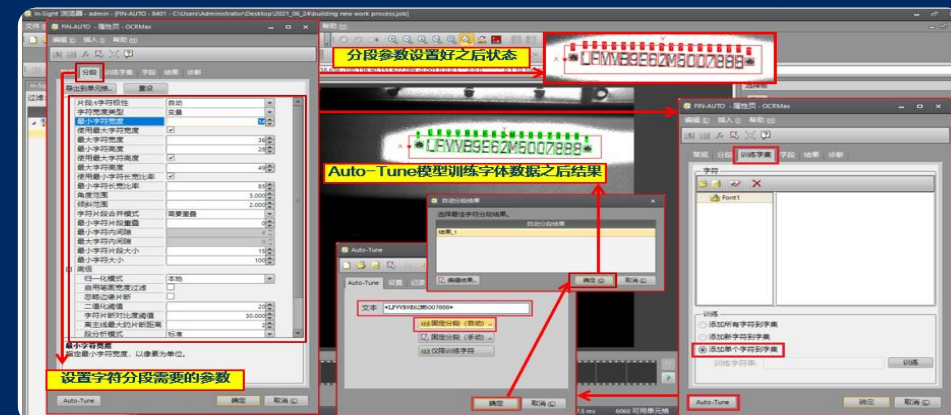
解决方案

在KUKA机器人上安装康耐视工业相机，在全自动刻号设备进行刻号后，拍摄打刻底盘号照片进行识别



OCR检测

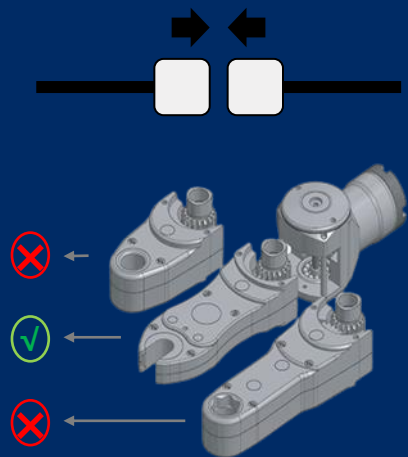
- 运用OCR技术提取底盘号文本，与fis系统信息进行比对，识别底盘号是否打印错误
- 对OCR分割后的字符设置最小字高、最大字高、最小字宽、最大字宽、最大主线偏移判定标准，检测底盘号是否有打刻缺陷



识别-分类 ② LUBBERING特殊头反转不到位检测

背景描述

ESP刹车油管采用ABB机器人自动拧紧，每颗钉拧紧完成后，机器人无法识别特殊头开口反转回不到位的情况，导致出现拉断油管损坏拧紧头情况

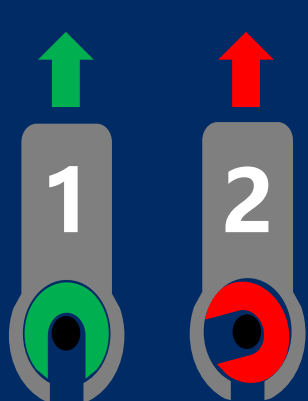


► LUBBERING拧紧头

由于汽车油管连接拧紧的特殊性，车间采用LUBBERING特殊开口拧紧头进行连接拧紧。LUBBERING特殊头为非标定制件，货期极长，至少1年，损坏后可能无备件更换

► 拧紧头状态

拧紧结束后拧紧头可能出现的两种状态，当出现状态1时，拧紧头可顺利退出，当出现状态2时，拧紧头无法退出，强制推出将造成设备问题。



解决方案

通过2D相机获取拧紧头图像数据，利用图像处理算法进行判定



► 图像监控状态

在拧紧点上方安装基恩士IV-HG超小型工业相机。截取ROI后，检测出ROI内的目标亮度及面积，与标准范围值进行比较，判断特殊头开口是否回转到位

数据驱动

系统自动判断枪头状态，如开口没有回转到位，则发送设备停止命令



► 设备通讯确认

PLC接收检测NOK信号时，暂停机器人退枪动作，报警等待确认

特殊头备件成本
5万/年
0万/年

设备停台
90min/年
0min/年

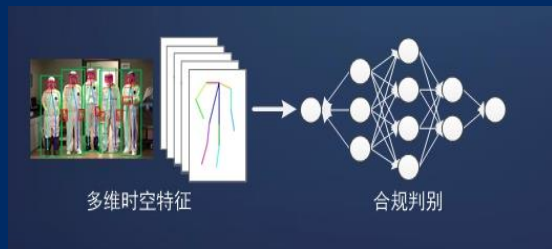
识别-分类 ③ 钣金清擦及底涂标准化工艺监控

背景描述

MEB车型的天窗在被安装前，需要在车身钣金上对应位置进行人工清除及涂底涂。若没有按要求执行清除及底涂工艺，会存在行驶过程中天窗掀起的重大质量风险。考虑到清除及底涂的工艺的标准化作为一个时间段的过程，故只能采用视频监控的方式。

解决方案

依托车间已经搭建成的**5G基站**，在清擦工位后方安装监控摄像头，依靠5G网关将实时拍摄的视频低延迟地传输至后台服务器。后台服务器运行基于深度学习的多维时空模型融合算法来智能检测清除及涂底涂的标准化操作，当识别出漏清擦或漏底涂时，及时报警，规避后续的质量问题。



视频稀疏采样

车型识别及天窗区域
定位：基于Yolo模型

长时序动作识别：
基于3D-
CNN+LSTM算法

N个切分短时视频端

短时序动作识别：
基于3D-CNN算法

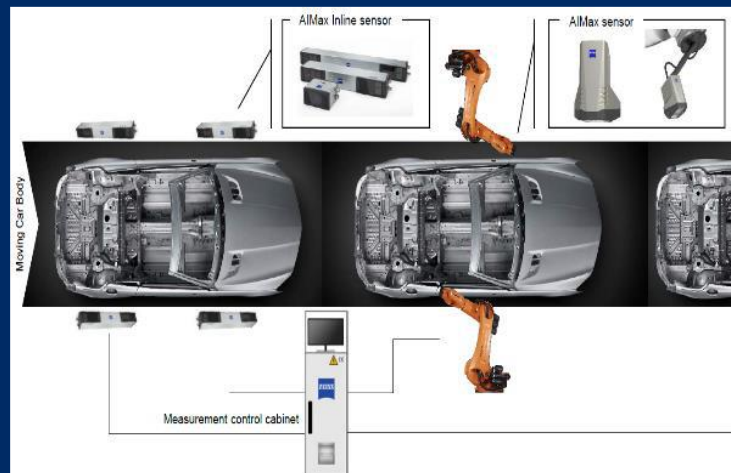


识别-分类) 四门两盖间隙匹配自动测量



背景：四门两盖的车身间隙和平度依靠人工测量，需要测量较大的数据，且主观性太强

- **方案：**采用2台机器人搭配4个激光扫描头，随行驶车辆自动测量



线体速度匹配


扫码识别车型

机器人开启测量

结果显示分析

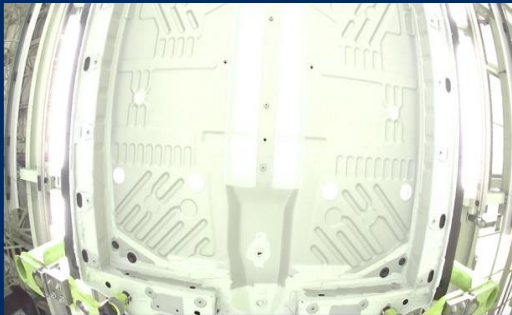
建议反馈

识别-分类 ⑤ 低成本零件错漏装识别

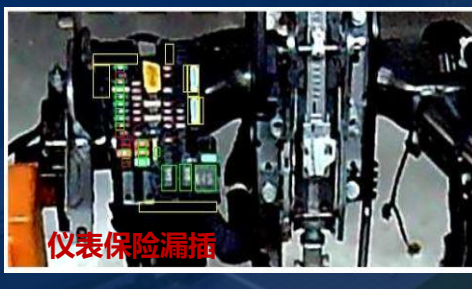
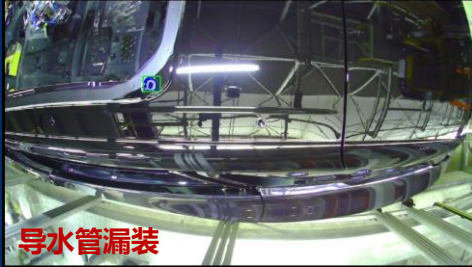
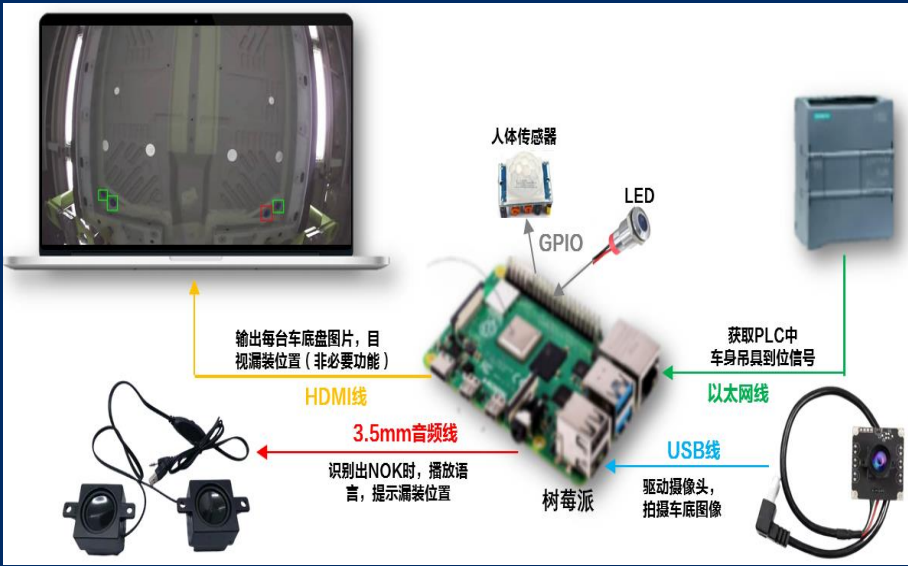
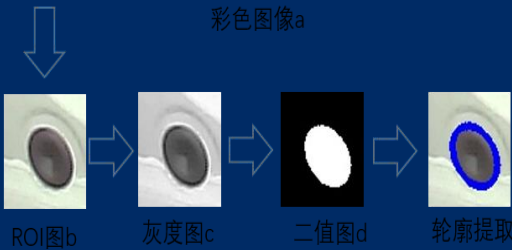
 **背景：**总装生产线部分防差错场景需求简单，只需简单识别出零件有无、区分出颜色或图案的不同等，不需要商业视觉方案的高精度及运算处理能力，直接使用商业方案等于“大马拉小车”

- **方案：**基于树莓派及普通USB摄像头自主开发超低成本零件漏装图像识别物联网装置。当识别出有零件漏装时，程序同时做出3种方式提醒：点亮LED灯、控制音响自动播放出语言提示出漏装零件的位置、在显示屏上显示对漏装的零件及位置进行标识后的图片，并发送停线信号至设备PLC停止生产线；人体传感器用于无接触式地接收复位信号，恢复生产线的运行。

传统图像识别方案



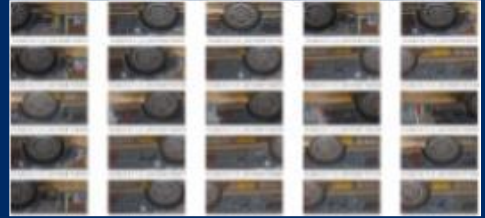
彩色图像a



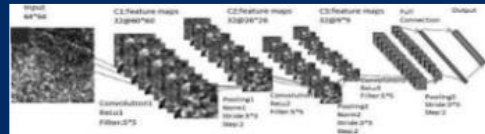
软硬件	价格/元	替代
树莓派套件	568	工业服务器
USB相机	168	工业相机
自主编程	0	商业软件
迷你音箱	19	/
LED灯	3	/
人体传感器	5	/
显示屏	非必要	/

识别-分类 ⑤ 零件错漏装识别

轮毂特征模型训练



每类轮毂采集200张以上照片



基于Yolov5模型算法识别轮毂错装

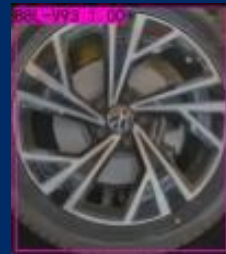


基于深度学习的图像识别方案

RaspberryPi



Jeston Nano



识别
轮毂
配置号



PLC读取
整车配置号



配置信息比对



防错提醒