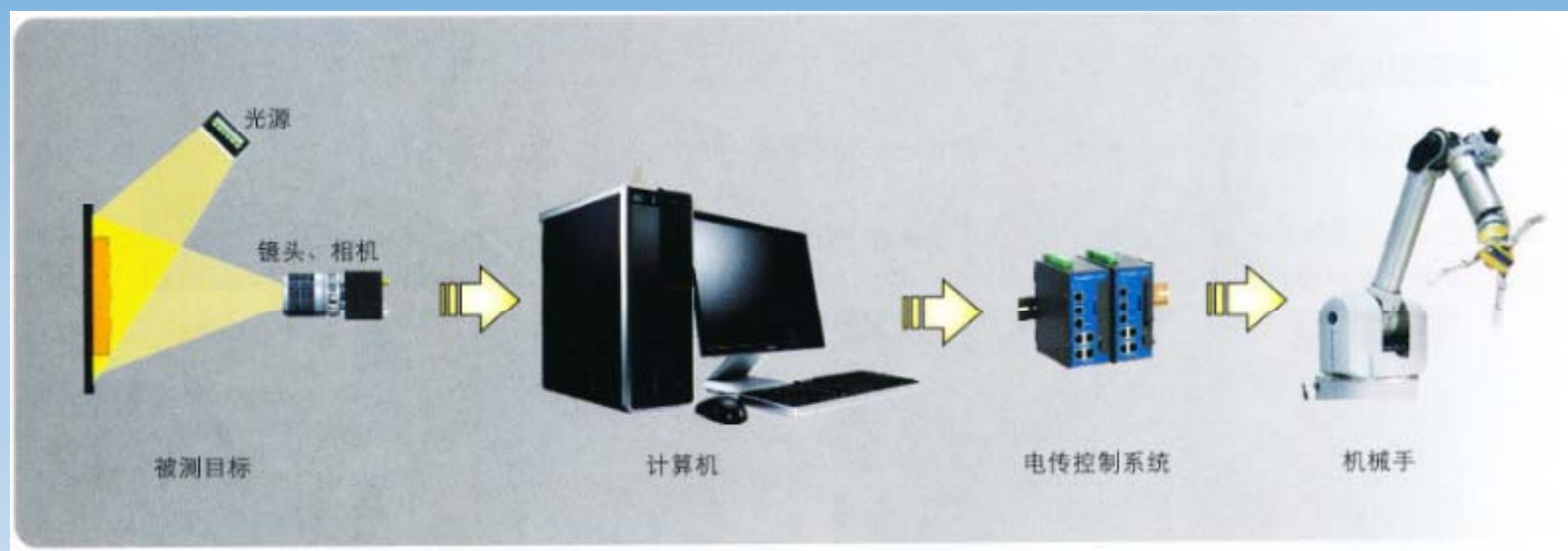


机器视觉

机器视觉概述

- 使机器具有像人一样的视觉功能，从而实现各种检测、判断、识别、测量等功能。一个典型的机器视觉系统组成包括：图像采集单元（光源、镜头、相机、采集卡、机械平台），图像处理分析单元（工控主机、图像处理分析软件、图形交互界面），执行单元（电传单元、机械单元）



机器视觉概述

- 机器视觉系统通过图像采集单元将待检测目标转换成图像信号，并传送给图像处理分析单元。
- 图像处理分析单元的核心为图像处理分析软件，它包括图像增强与校正、图像分割、特征提取、图像识别与理解等方面。输出目标的质量判断、规格测量等分析结果。
- 分析结果输出至图像界面，或通过电传单元（PLC等）传递给机械单元执行相应操作，如剔除、报警等，或通过机械臂执行分拣、抓举等动作。

机器视觉优势

- 机器视觉系统具有高效率、高度自动化的特点，可以实现很高的分辨率精度与速度。机器视觉系统与被检测对象无接触，安全可靠。人工检测与机器视觉自动检测的主要区别有：

	机器视觉自动检测	人工检测
效率	效率高	效率低
速度	速度快	速度慢
精度	高精度	受主观影响，精度一般
可靠性	检测效果稳定可靠	易疲劳，受情绪波动
工作时间	可24小时不停息工作	工作时间有限
信息集成	方便信息集成	不易信息集成
成本	成本不断降低，一次性投入	人力和管理成本不断上升
环境	适合恶劣、危险环境	不适合恶劣和危险环境

机器视觉的应用领域

识别

- 标准一维码、二维码的解码
- 光学字符识别（OCR）和确认（OCV）

检测

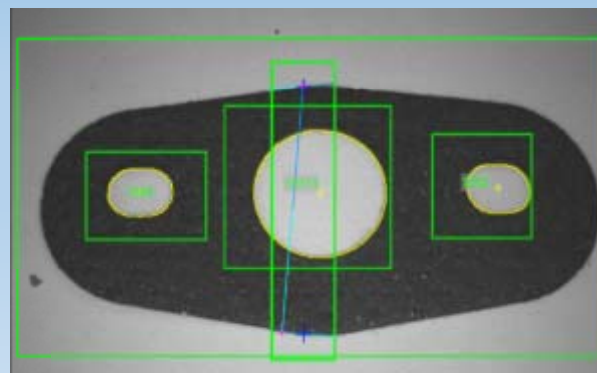
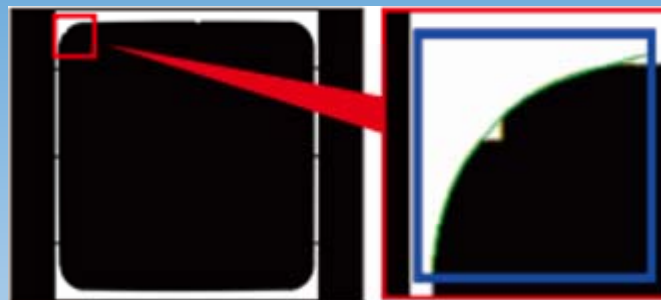
- 色彩和瑕疵检测
- 零件或部件的有无检测
- 目标位置和方向检测

测量

- 尺寸和容量检测
- 预设标记的测量，如孔位到孔位的距离

机械手引导

- 输出空间坐标引导机械手精确定位



机器视觉系统的分类

- 智能相机



- 基于嵌入式



- 基于PC



主流的解决方案提供商

- 提供从单一的视觉检测到视觉系统集成的完整视觉检测方案。
- 视觉检测方案主要包括两个方面：
 - 硬件——相机，控制器，光源及支架；
 - 软件——控制系统，图形用户界面(GUI)和图像分析算法。

厂家	擅长	前身
康耐视	识别/检测/测量	一/二维码识别
迈思肯	识别/检测/测量	一/二维码识别
邦纳	识别/检测/测量	传感器
Leuze	识别/检测/测量	传感器
基恩士	识别/检测/测量	传感器
ABB	机械手引导	变频器
发那科	机械手引导	机器人
美国国家仪器公司	数据采集/交互	软硬件测试、自动化

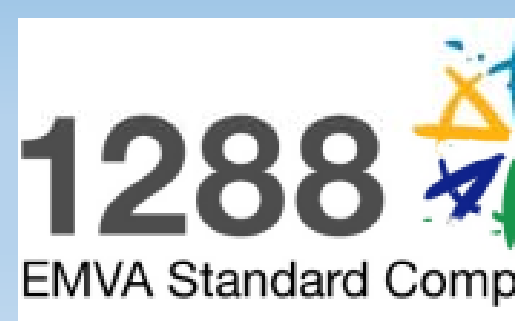
机器视觉主要行业协会和标准

美国自动成像协会（AIA）

- 相机专用传输协议——CameraLink标准
- 相机千兆网传输协议——GigE Vision标准

欧洲机器视觉协会（EMVA）

- 相机统一控制协议——GenICam标准
- 相机灵敏度和成像质量评测——EMVA1288



机器视觉发展历程（国外）

发展阶段：

- 20世纪50年代提出机器视觉概念，
- 20世纪70年代真正开始发展，
- 20世纪80年代进入发展期，
- 20世纪90年代发展趋于成熟，
- 20世纪90代后至今高速发展。

关键标志：

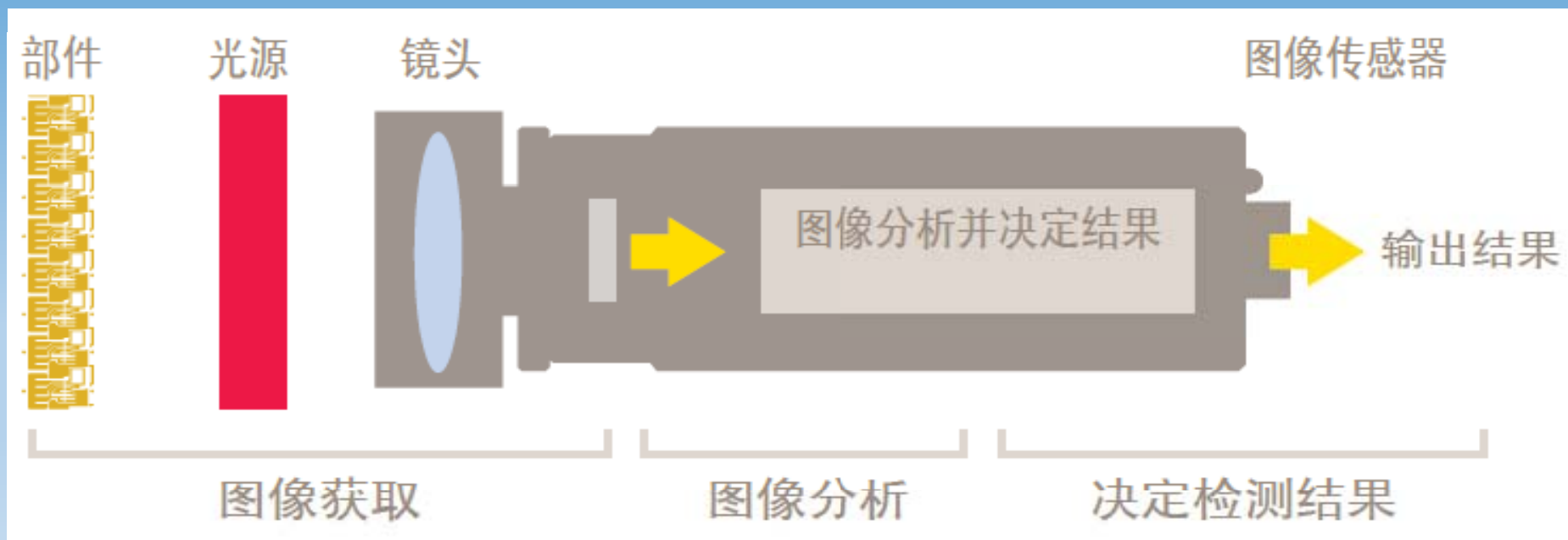
- 20世纪70年代CCD图像传感器的出现是机器视觉提供了可靠清晰的图像；
- 20世纪80年代以来处理器、图像处理技术的飞速发展是机器视觉的高速发展提供了基础条件；
- 2000年以来基于LED光源的任意光场设计使机器视觉在各种行业的应用成为可能。

机器视觉发展历程（国内）

- 起步于20世纪80年代
- 20世纪90年代进入发展期，加速发展是近几年的事情。
- 机遇与挑战并存
 - 中国正在成为世界机器视觉发展最为活跃的地区之一；
 - 中国已经成为全世界的制造中心，许多生产线已经迁至中国，许多国际先进水平的机器视觉系统也进入了中国；
 - 国内机器视觉企业在与国际机器视觉企业的竞争中不断得到成长。

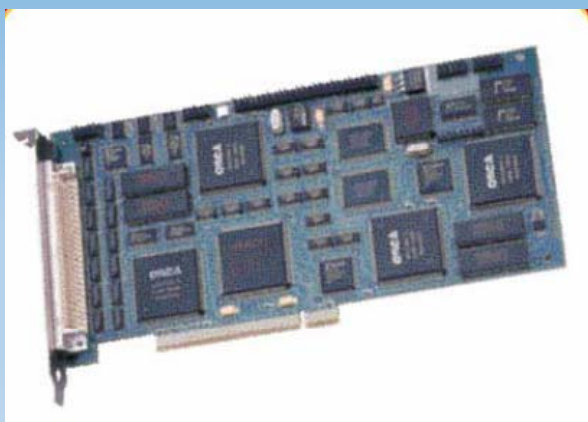
机器视觉系统组成

- 图像获取：光源、镜头、相机、采集卡、机械平台
- 图像处理与分析：工控主机、图像处理分析软件、图形交互界面。
- 判决执行：电传单元、机械单元



图像获取

- 组成：光源、镜头、相机、采集卡、机械平台

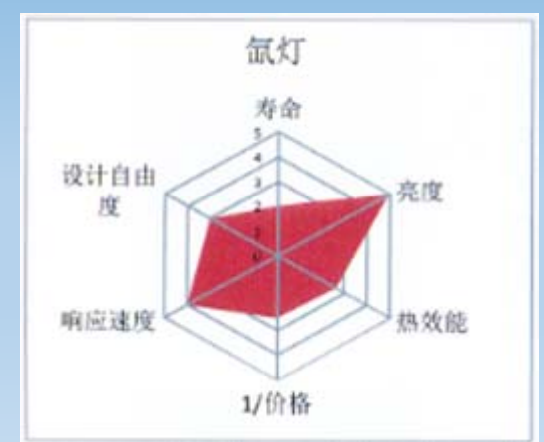
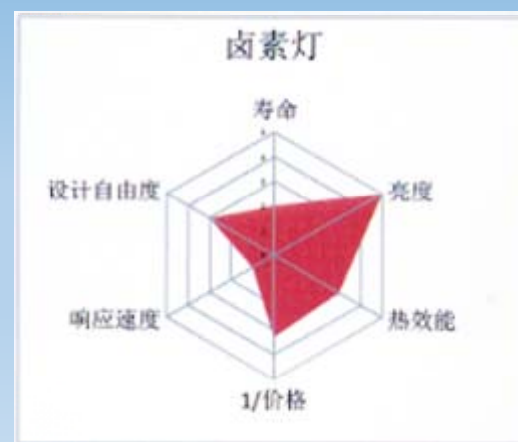
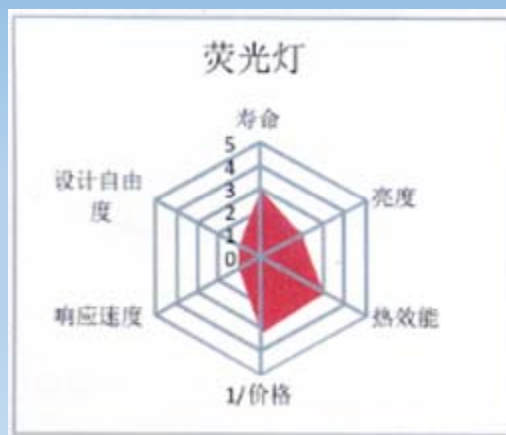
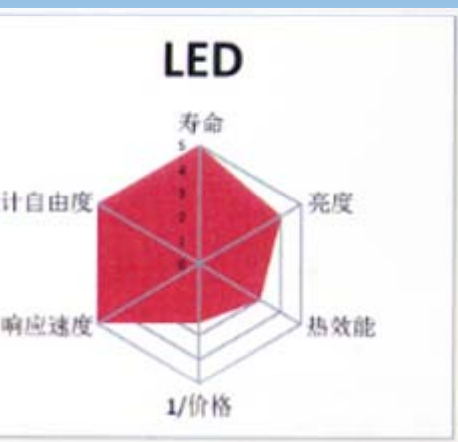


Garbage In, Garbage Out

光源——种类

- **LED**: 寿命长/可以有各种颜色/便于做成各种复杂形状/光均匀稳定/可以闪光;
- 荧光灯: 光场均匀/价格便宜/亮度较**LED**高;
- 卤素灯: 亮度特别高/通过光纤传输后可做成;
- 氙灯: 使用寿命约1000小时/亮度高, 色温与日光接近。

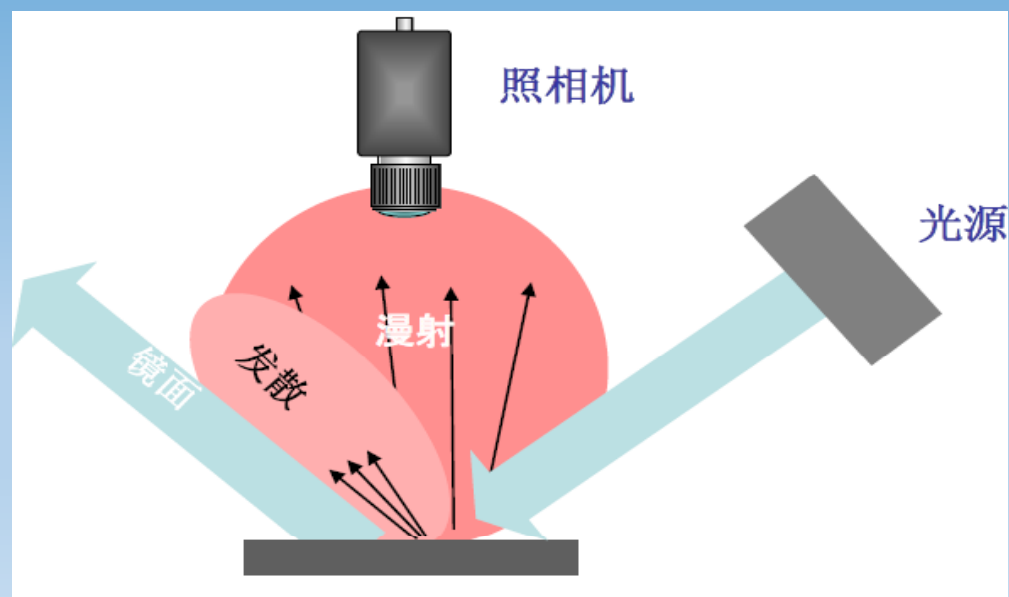
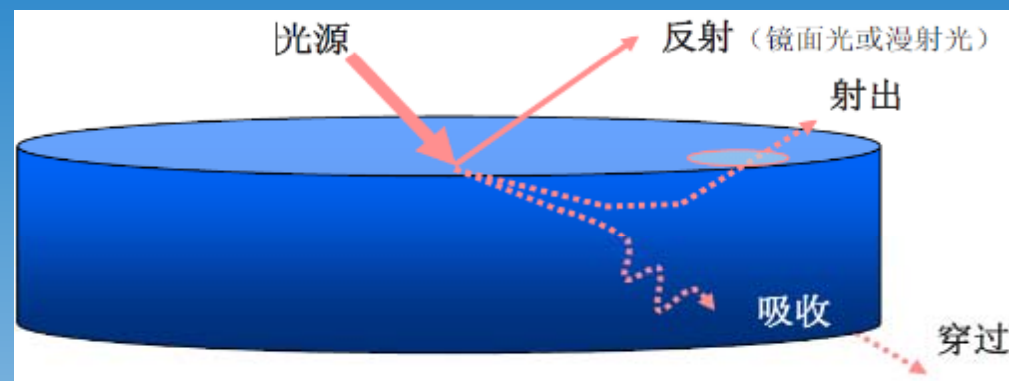
大部分机器视觉照明采用LED



光源——光路原理

照相机并不能看见物体，而是看见从物体表面反射过来的光。

- 镜面反射：平滑表面以对顶角反射光线
- 漫射反射：粗糙表面会从各个方向漫射光线
- 发散反射：多数表面既有纹理，又有平滑表面，会对光线进行发散反射



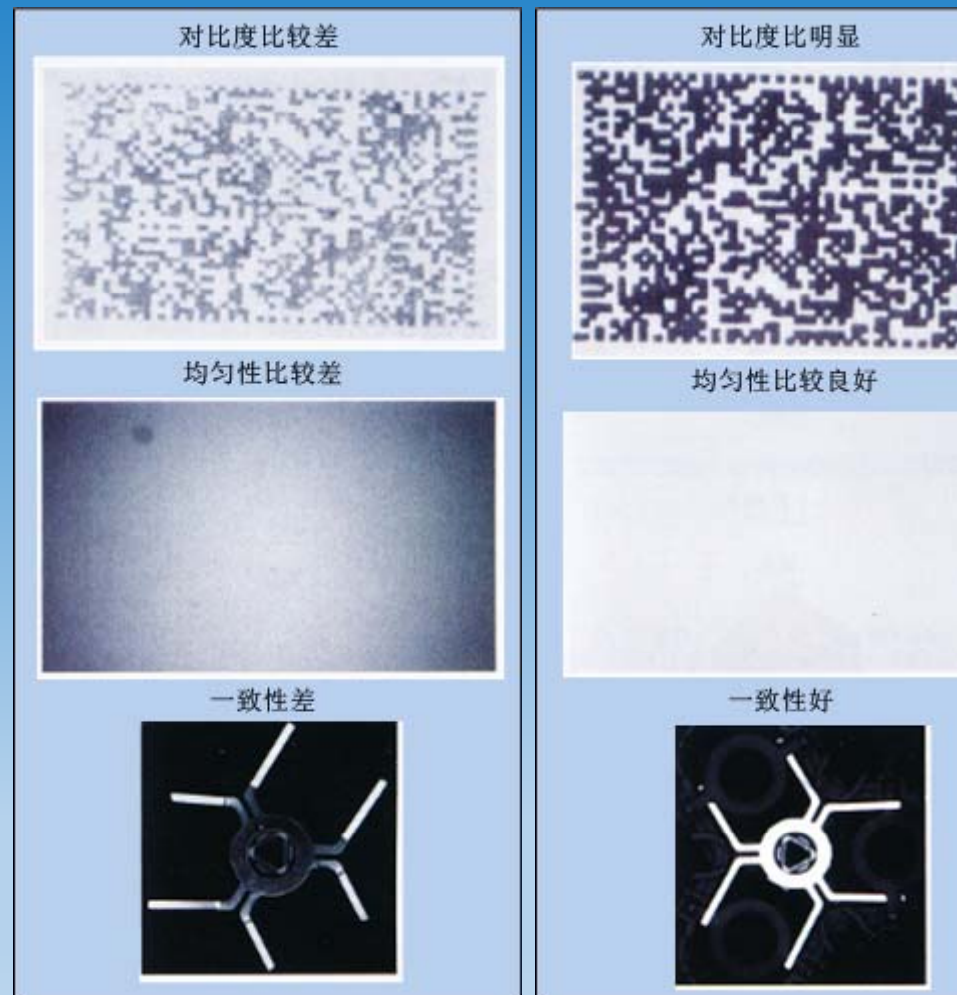
光源——作用和要求

- 在机器视觉中的作用

- 照亮目标，提高亮度
- 形成有利于图像处理的效果
- 克服环境光照影响，保证图像稳定性
- 用作测量的工具或参照

- 良好的光场设计要求

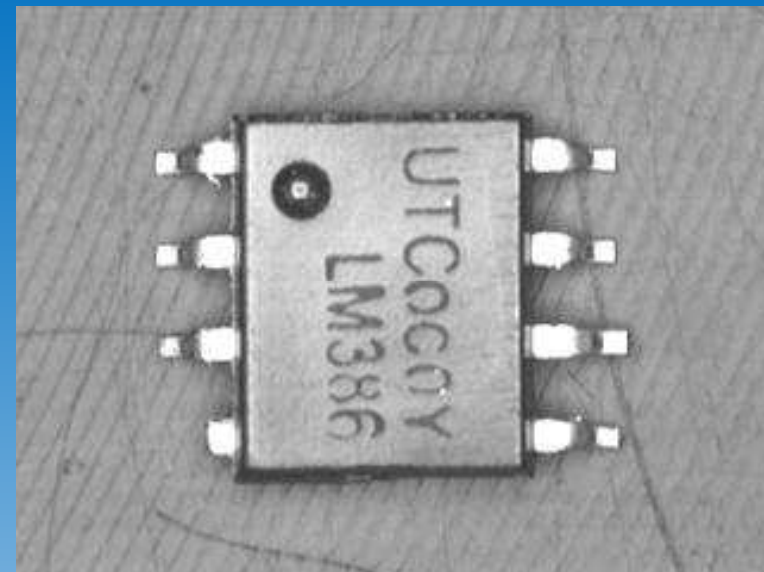
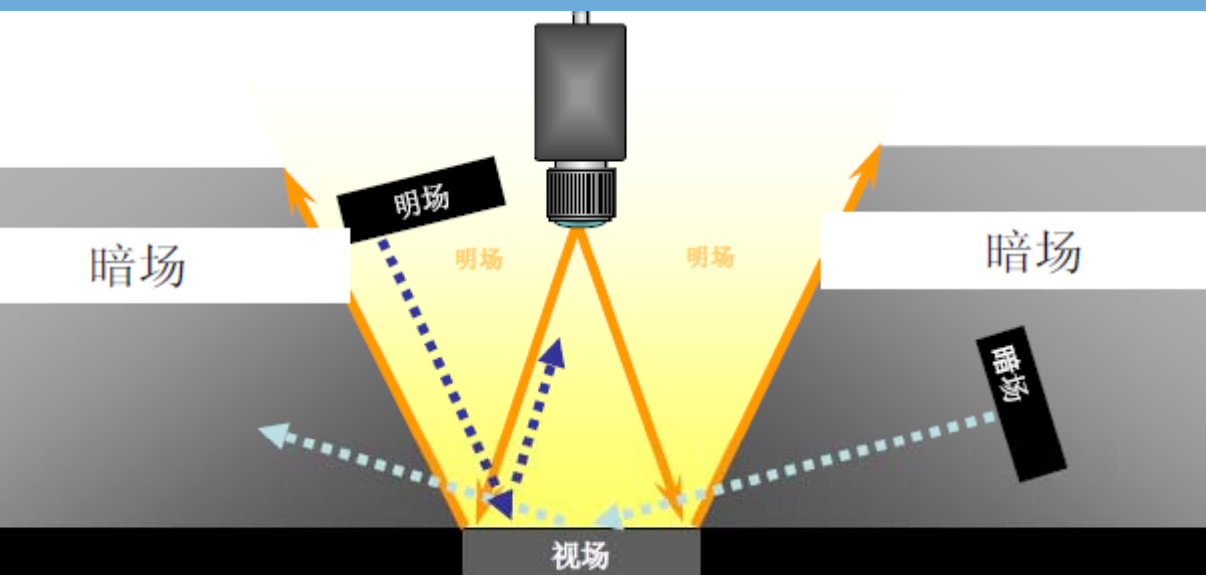
- 对比度明显，目标与背景的边界清晰
- 背景尽量淡化而且均匀，不干扰图像处理
- 与颜色有关的还需要颜色真实，亮度适中，不过曝或欠曝；



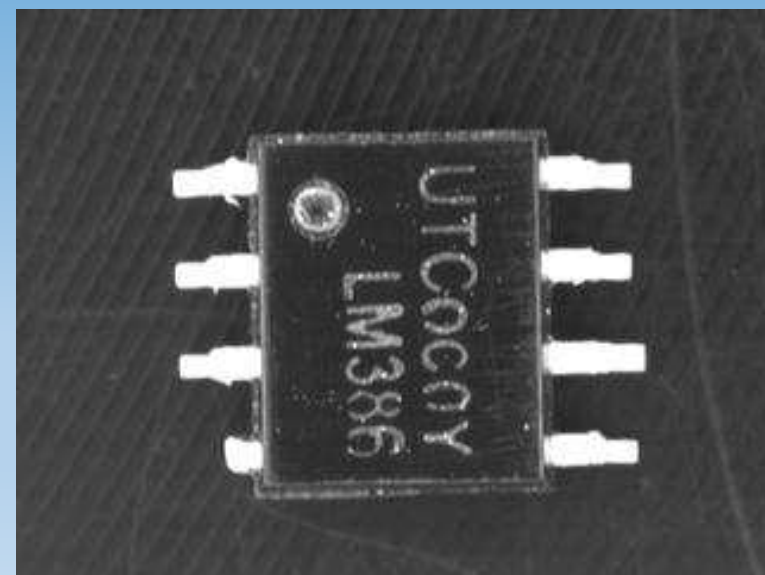
光源——光场构造

明场： 光线反射进入照相机

暗场： 光线反射离开照相机

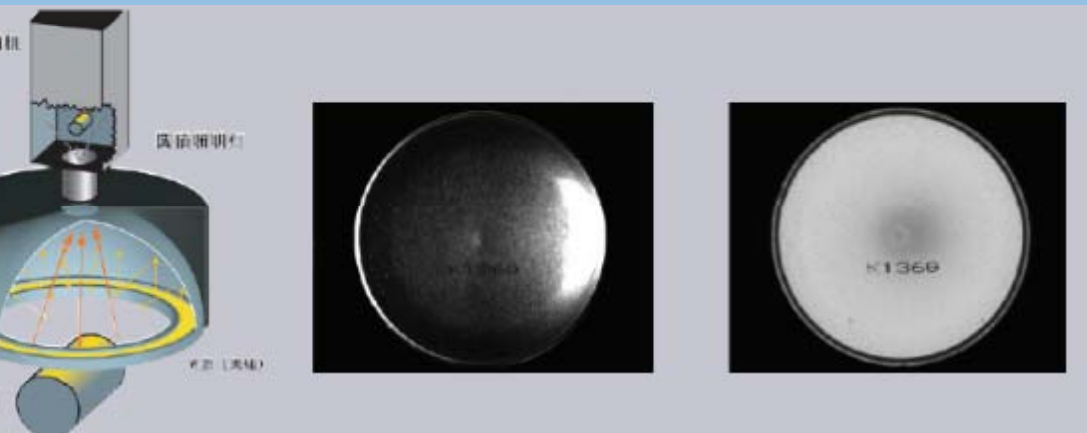


明场照明

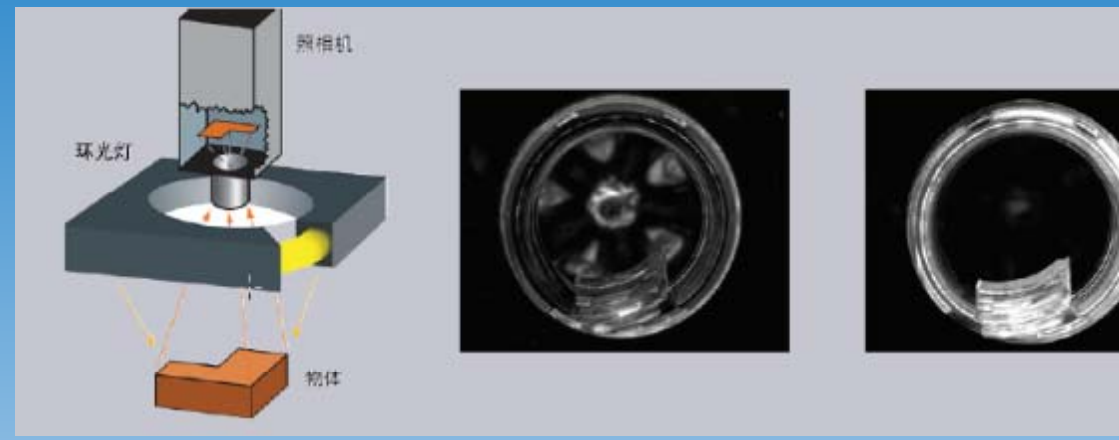
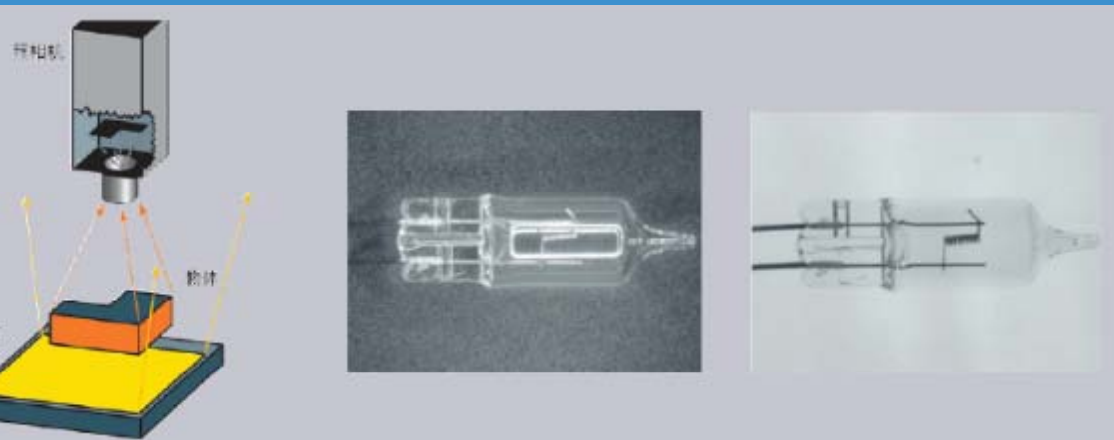


暗场照明

光源——构造光源



光源——构造光源



不同照明技术对滚珠轴承产生的影响：



滚珠轴承

光纤环光灯

荧光环光灯

漫射圆顶灯

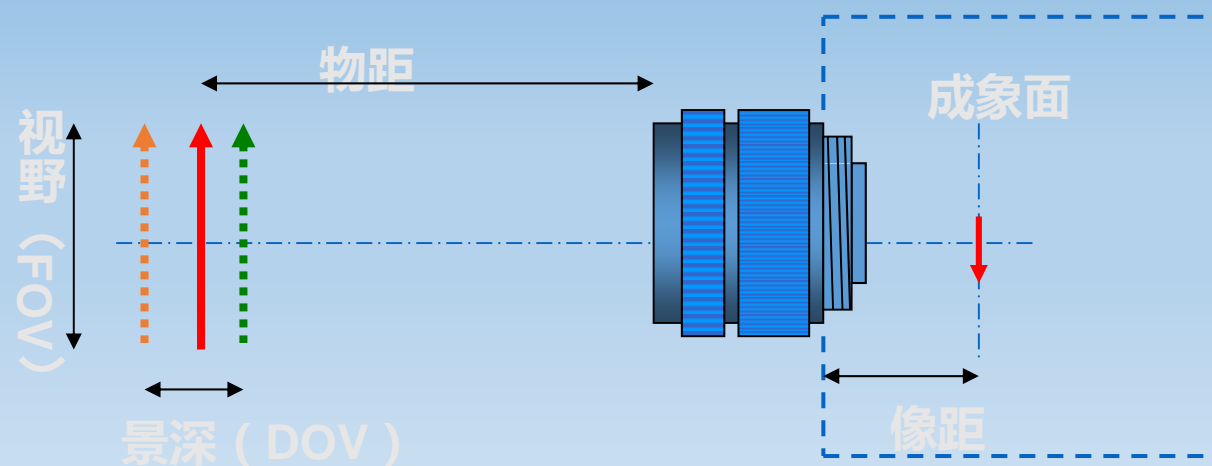
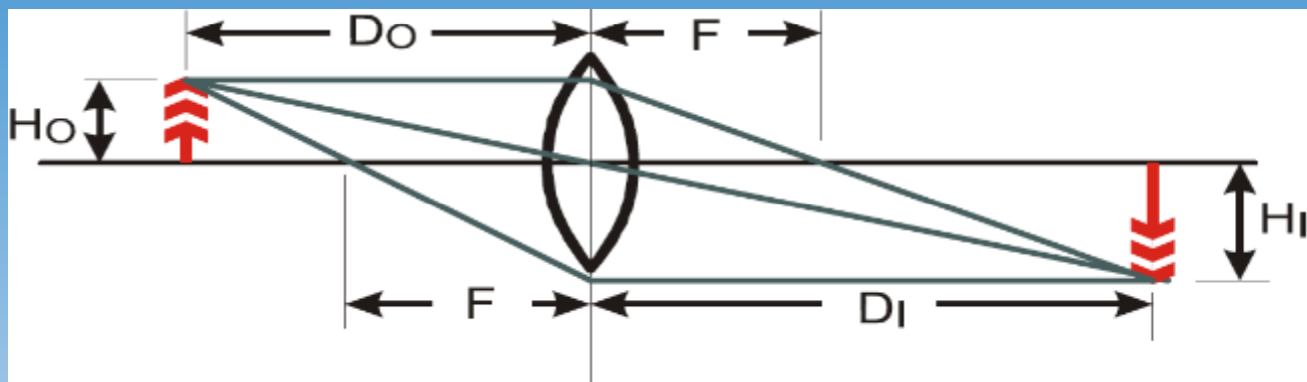
同轴照明灯

直角持续漫射灯

持续漫射灯

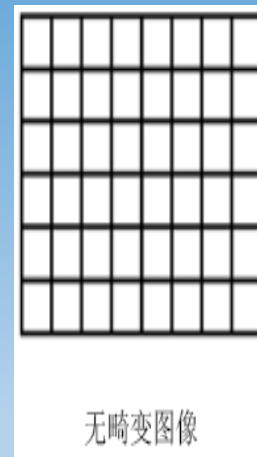
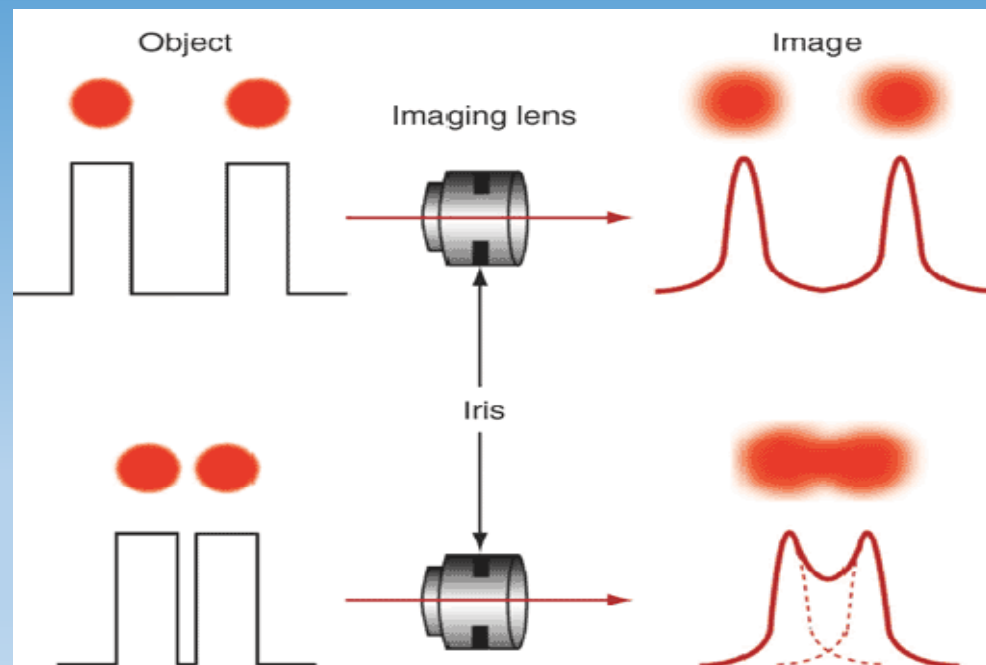
镜头——主要参数

- 工业的镜头大都是多组镜片组合在一起的。计算时会忽略厚度对透镜的影响将其等效成没有厚度的薄透镜模型，即理想凸透镜。
- 参数：焦距/视场/物距/像距/光圈/景深/分辨力/放大倍数/畸变/接口

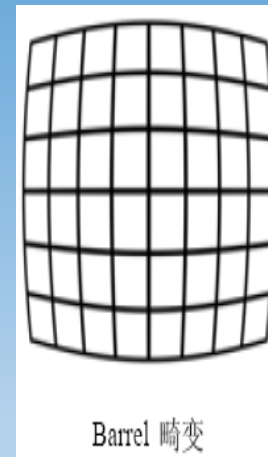


镜头——主要参数

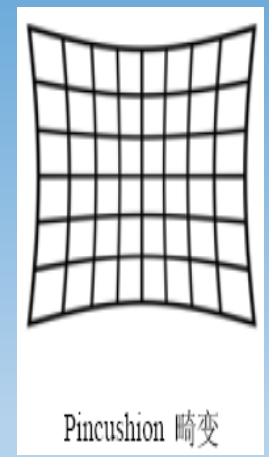
- 分辨率：对色彩和纹理的分辨能力。
- 畸变：镜头中心区域和四周区域的放大倍数不相同。



无畸变图像



Barrel 畸变



Pincushion 畸变

畸变的校正一般用黑白分明的方格图像来进行，过程并杂。一般如果畸变小于**2%**，人眼观察不到；若畸变小于的一个像素，摄像机也看不见。

镜头——分类



CCTV镜头



专业摄影镜头

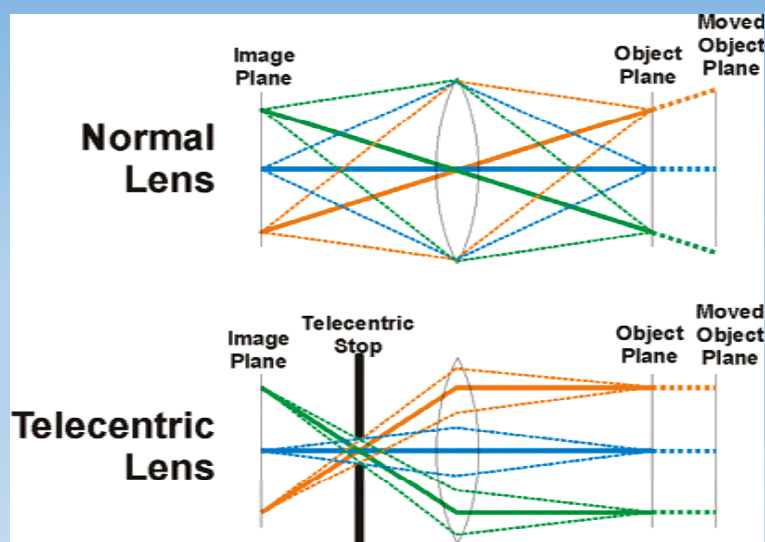


远心镜头

	CCTV镜头	专业摄影镜头	远心镜头
价格	低	中	高
分辨率	低 (20L/MM)	中 (40~80L/MM)	高
畸变	高	中	低
焦距选择范围	广泛	广泛	狭窄
使用灵活性	高	中	低
适合应用	低精度测量/简单检测	标准精度测量/定位	高精度测量/纵深测量

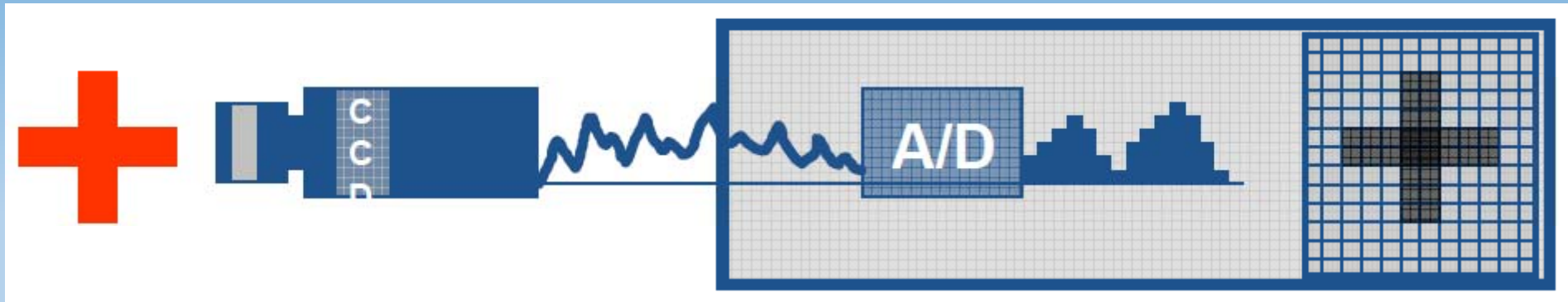
镜头——远心镜头

- 在测量系统中，物距常发生变化，从而使像高发生变化，所以测得的物体尺寸也发生变化，即产生了测量误差；
- 即使物距是固定的，也会因为CCD敏感表面不易精确调整在像平面上，同样也会产生测量误差。
- 采用远心物镜中的像方远心物镜可以消除物距变化带来的测量误差，而物方远心物镜则可以消除CCD位置不准带来的测量误差。

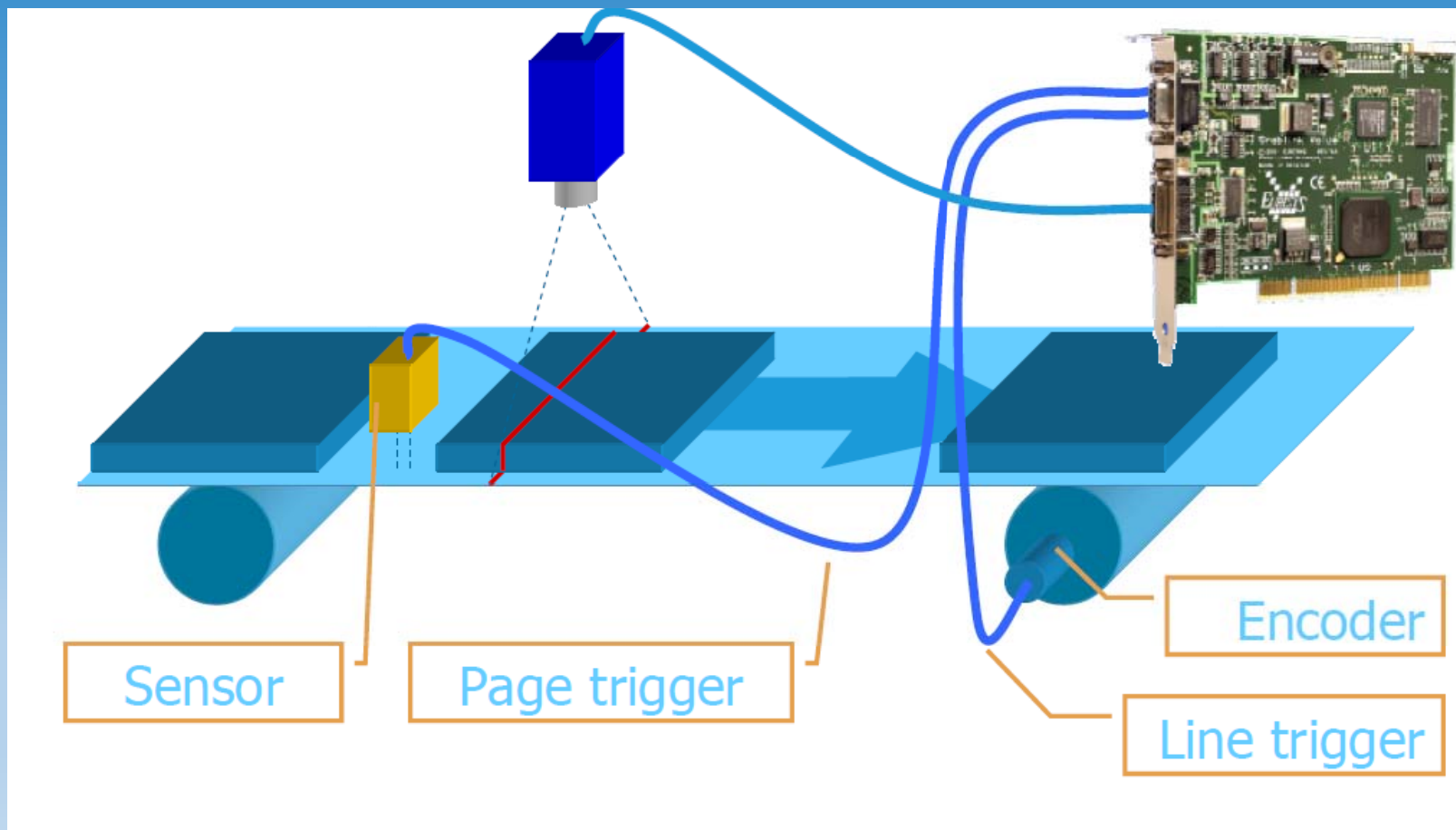


相机

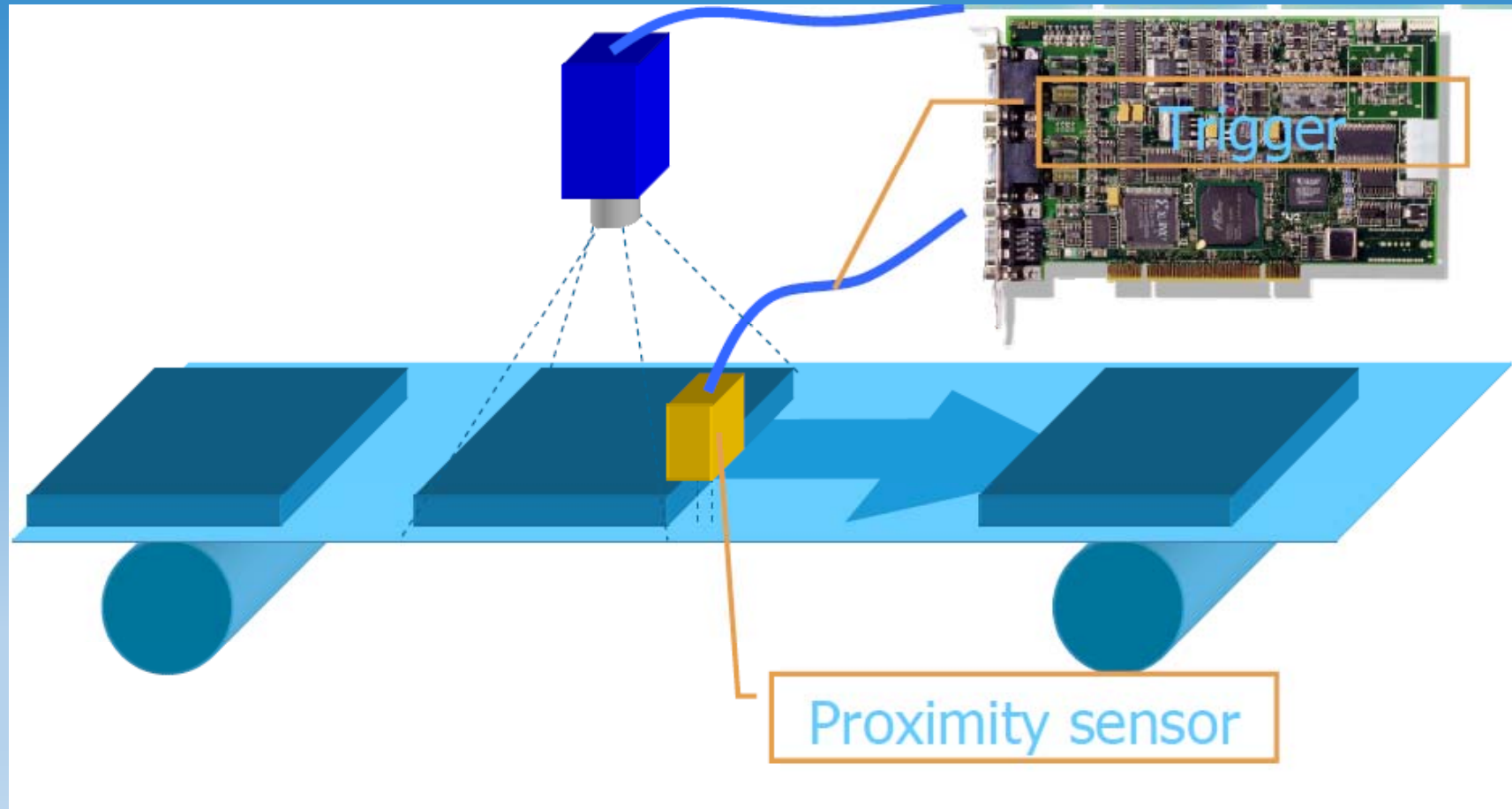
- 种类：线&面、隔/逐、黑/彩、数/模、低/高、CCD/CMOS
- 指标：象元尺寸、分辨率、靶面大小、感应曲线、动态范围、灵敏度、速度噪声、填充因子、体积、质量、工作环境等
- 工作模式：Free run、Trigger（多种）、长时间曝光等
- 传输方式：GIGE, Cameralinker, 模拟



相机—线扫描系统



相机——面阵相机



相机——自由触发/外部触发



自由触发：按照相机自己的时钟抓拍图像，对于运动目标，每次在图像中出现的位置不同。

外部触发：按照外部传感器给的触发信号拍摄图像，运动物体在图像中每次的位置一致。



相机——数据接口

模拟接口：CCIR/EIA, Non-Standard, RS-422/LVDS

- 高速，可靠性高，传输距离远，支持多相机连接。管脚定义不统一，电缆成本高。

Camera Link

- 高速，高可靠性。不便于多相机连接和集中控制，电缆价格高。

IEEE1394

- 灵活性高，成本低。传输距离短，可靠性低。

USB2.0

- 灵活性高，成本低。传输距离短，可靠性低，技术不成熟。

GigE Vision

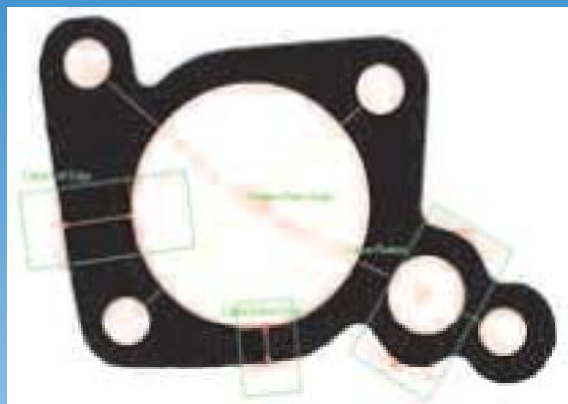
- 灵活性高，可扩充性强，支持远距离传输，支持多点传输，技术成熟，鲁棒性强，成本低。

USB3.0

- 灵活性高。传输距离短，可靠性低，技术不成熟。

图像分析——核心算法

物体测量



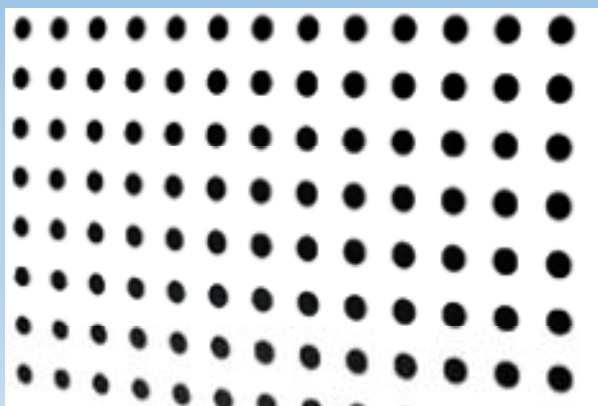
二维码读取



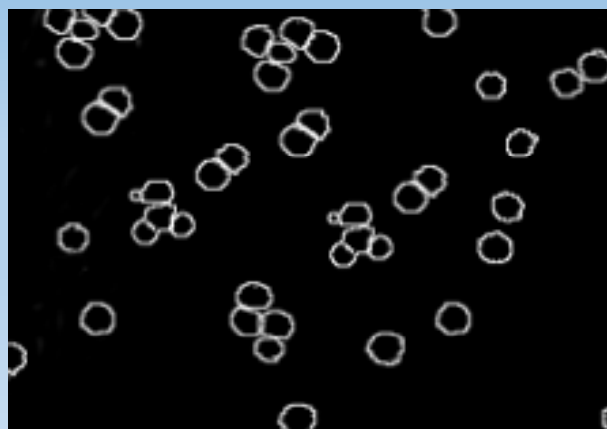
瑕疵检测



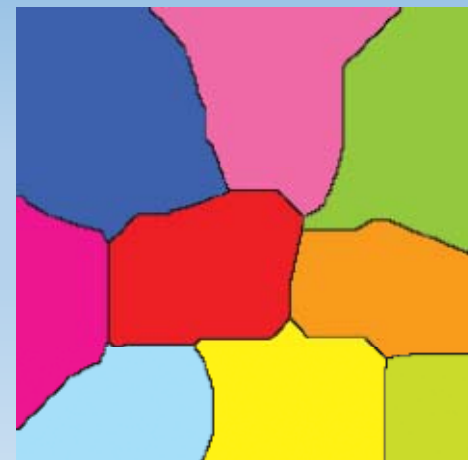
空间标定



图像数学和逻辑运算

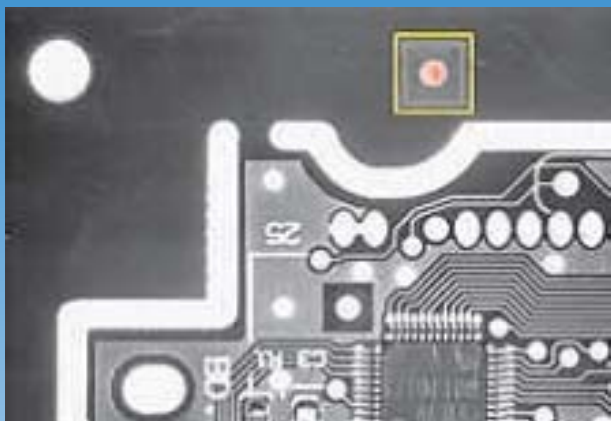


图像分割



图像分析——核心算法

模板和形状匹配



光学字符的识别与确认



色彩检测



边缘检测



目标分类



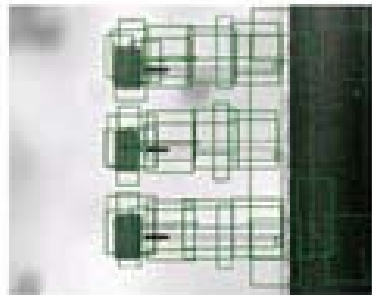
图像滤波和频率分析



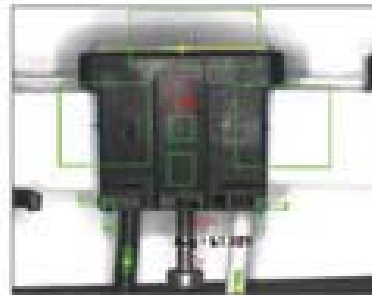
图像处理分析——核心功能

- 测量工具：测量两点的距离，点到线的距离，两线之间的角度
- 线性定位：通过检测工件边缘的相对移动确定工件的平移和旋转
- 模板查找：通过检测图形的相对移动确定工件的平移和旋转
- GEO查找：通过检测图形的相对移动确定工件的平移和部件360度的旋转
- 斑点查找：通过检测工件的有无、关联、尺寸、形状和坐标来确定工件位置
- 边缘工具：确定边缘的有无、数量、类别和位置
- 目标物工具：确定目标物有无、数量、类别、尺寸和位置
- 图形计数工具：确定图形的有无、数量和位置
- GEO计数工具：在360度范围内确定目标图形的有无和位置
- 条码检测工具：查找、解码和评估一维和二维码
- OCR/OCV: 读取和确认光学字符
- 圆弧工具: 检测圆弧，以及圆心及其他弧形特征
- 线段工具: 检测长度，端点及其他线段特征
- 颜色匹配: 检测匹配的色调和浓度

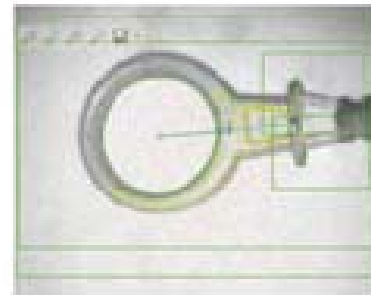
图像处理分析——核心功能



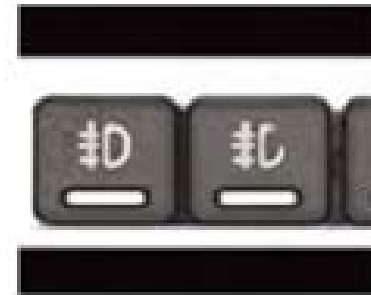
高速、复杂的检验



检查完整性



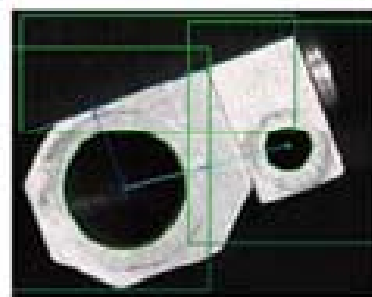
形状检验



模式比较



测量



位置/角度检测



文本阅读、比较



1D/2D符号读取

行业应用

- 饮料行业：类别和瑕疵检测

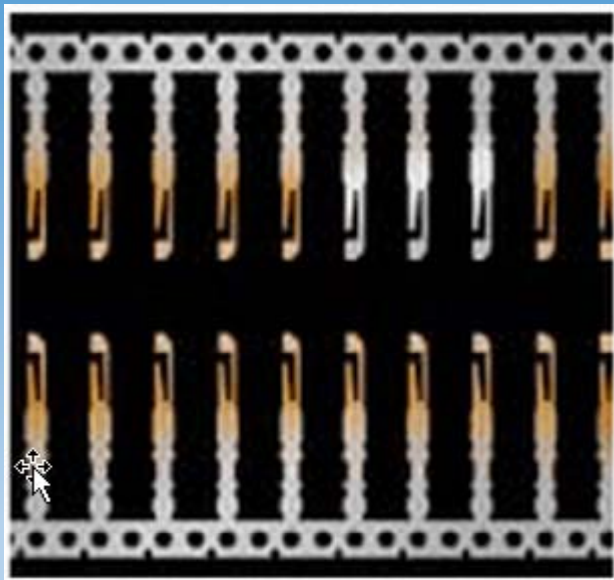


- 日用品行业：排列顺序检测



行业应用

- 电子器件行业：电镀不良检测

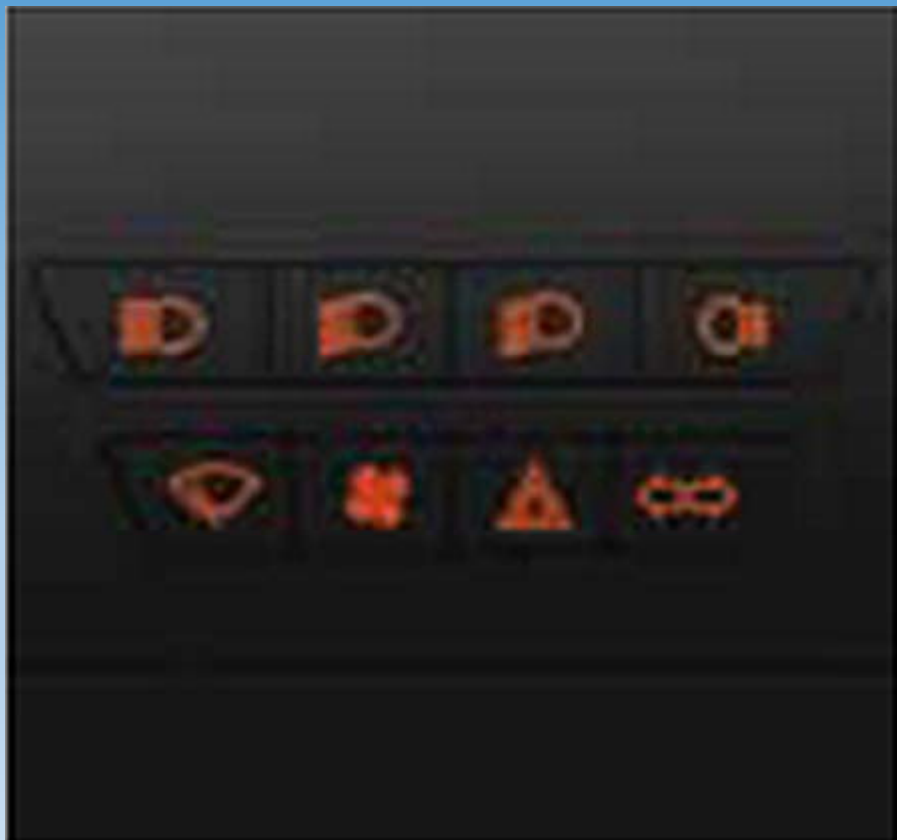


- 电子器件行业：器件污点检测



行业应用

- 电子器件行业：仪表按键位置错误检测

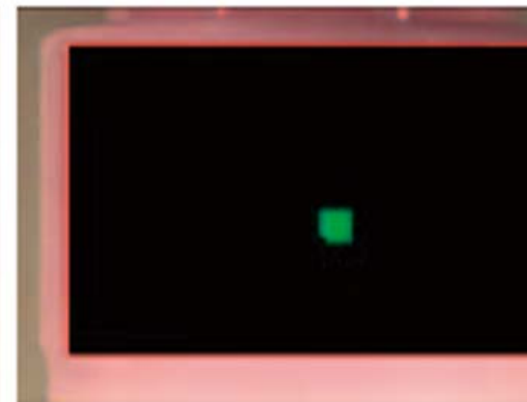


- 包装行业：树脂盖污点检测

检测树脂盖的污点



树脂盖侧面有小的污点。



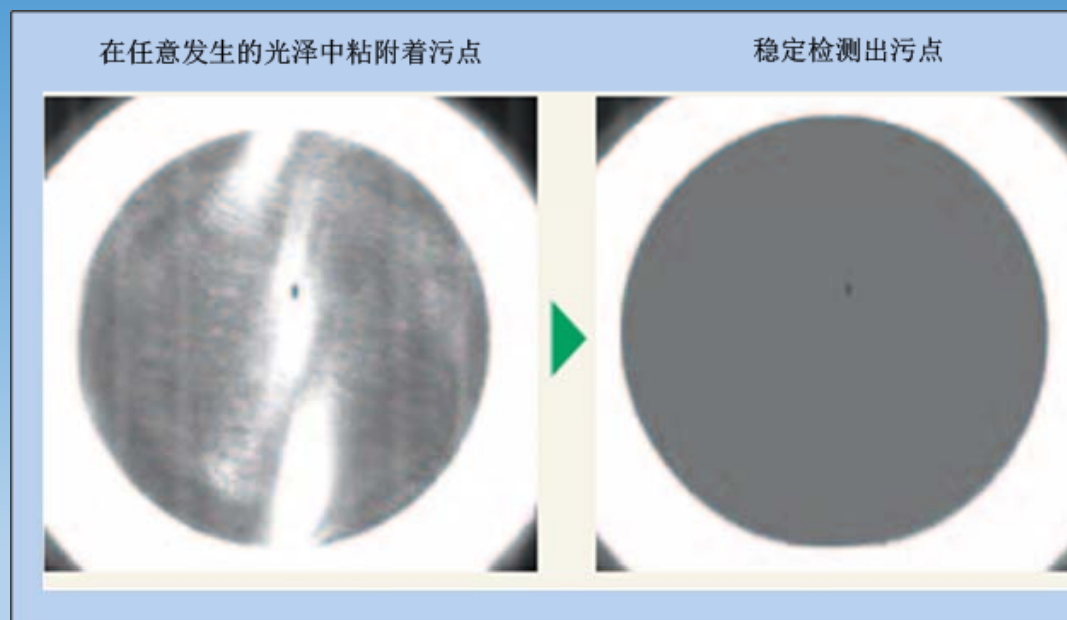
使用瑕疵检测工具，可以忽略侧面弧度的影响，稳定地检测污点。

行业应用

电子器件行业：轮廓和边缘曲线检测

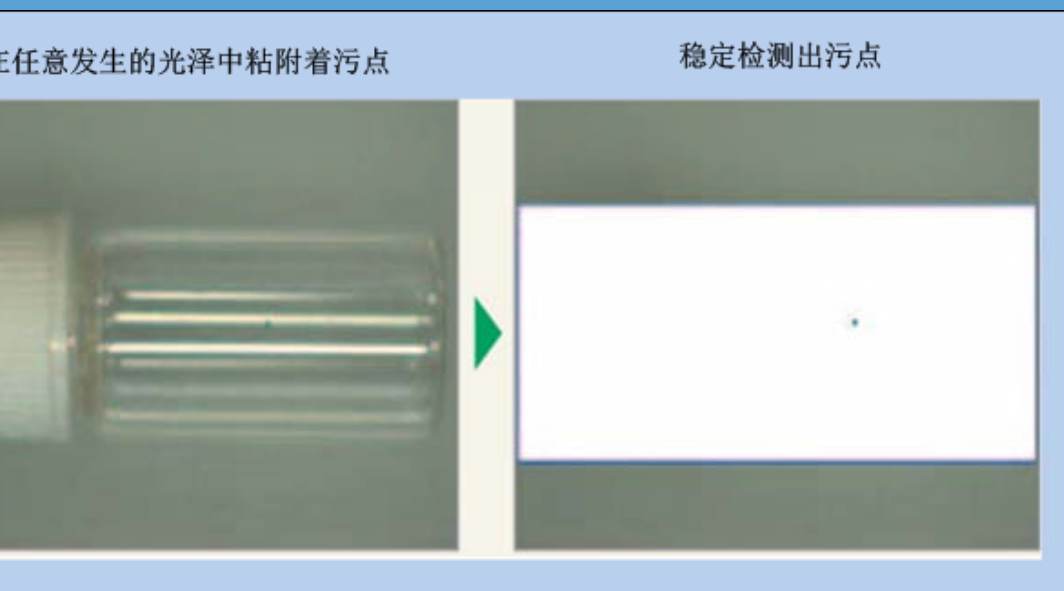


• 包装行业：罐头底部污点检测

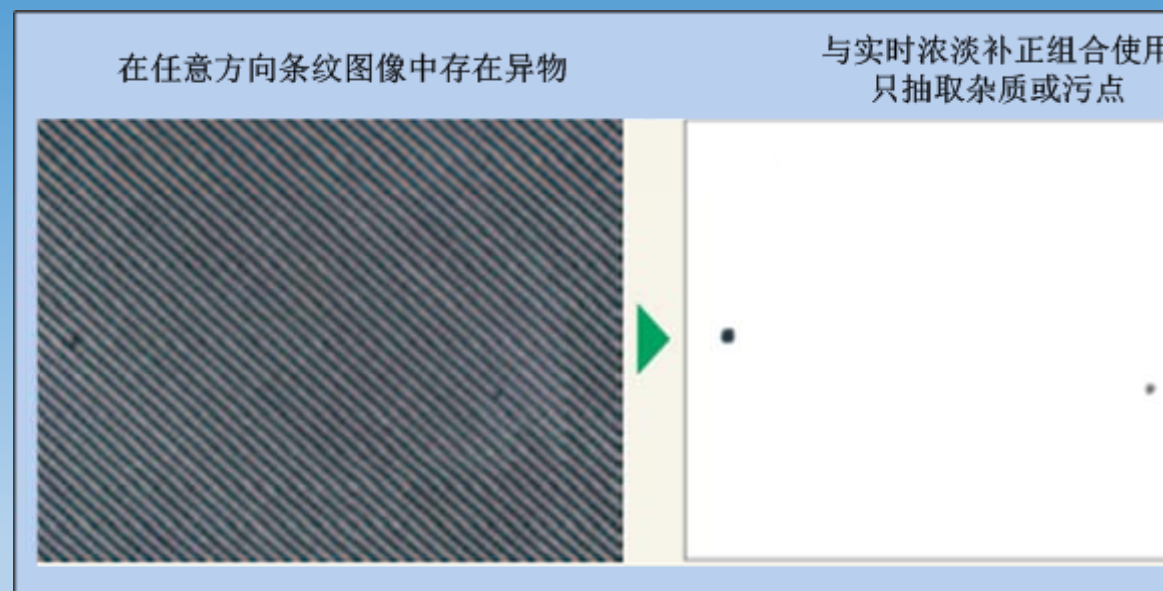


行业应用

- 日用品行业：透明塑料瓶污点检测



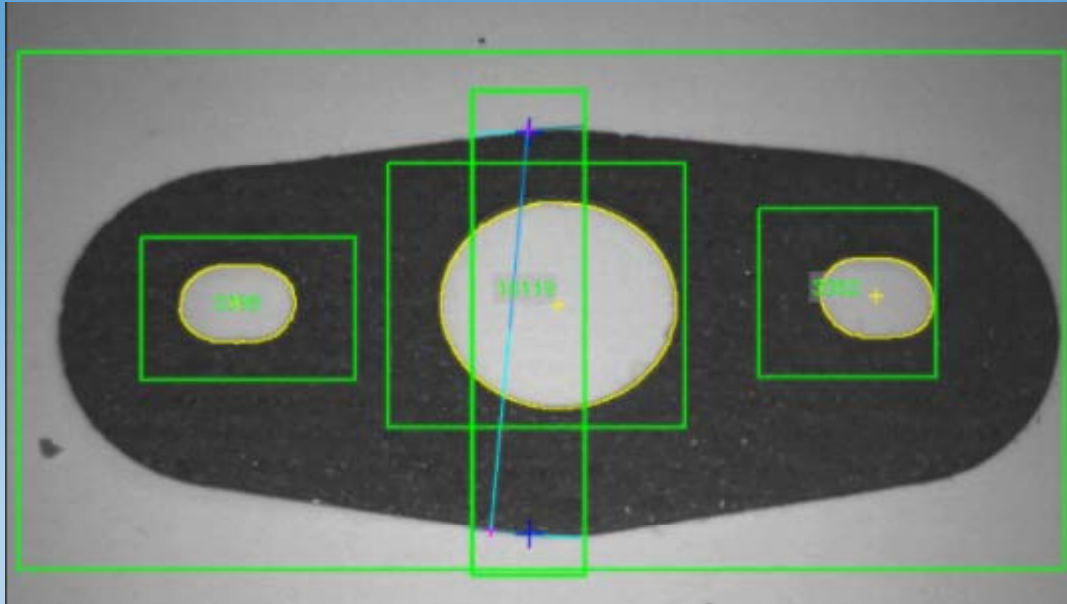
- 纺织行业：布匹瑕疵检测



行业应用

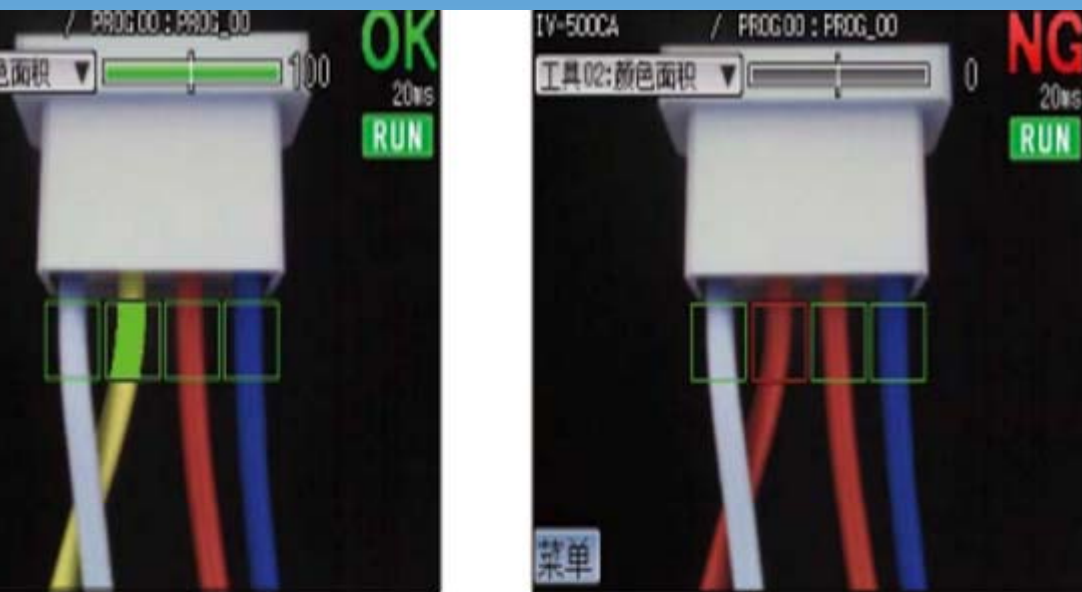
- 加工业：金属元件检测与内径测量

- 包装行业：二维码读取，OCR字符识别



行业应用

- 电子器件行业：接线位置检测

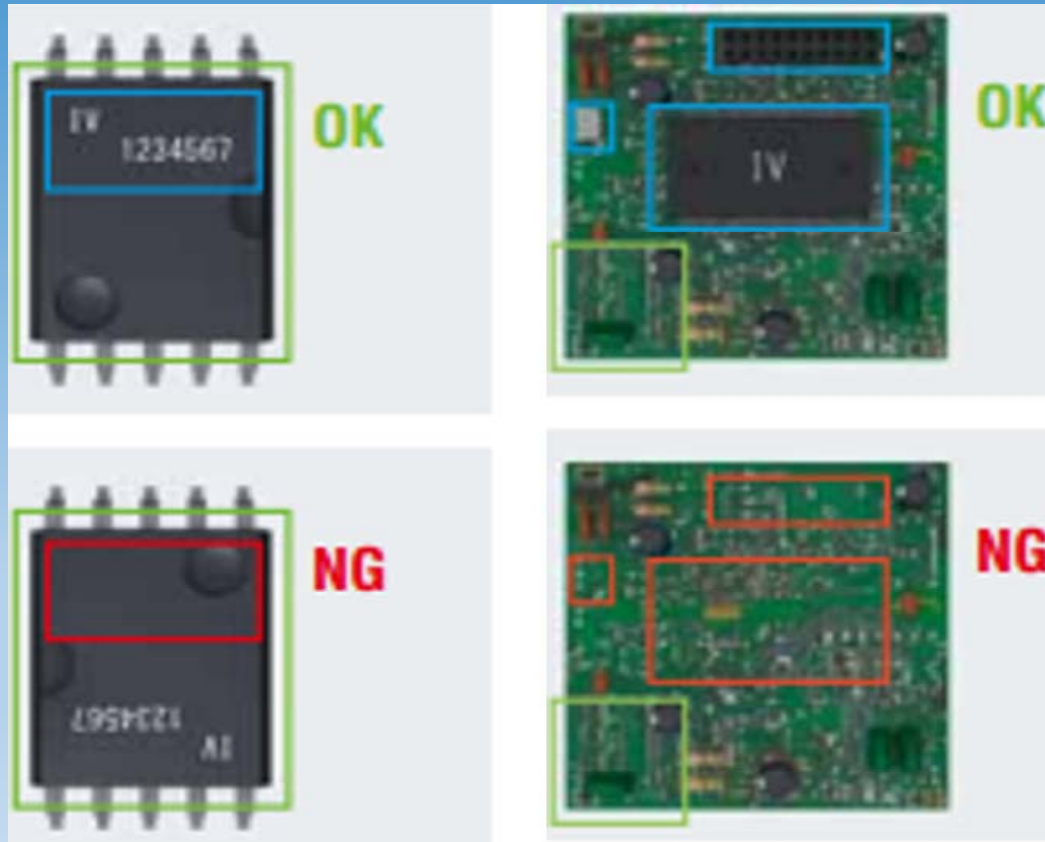


- 包装行业：保质期有无检测/标签错位

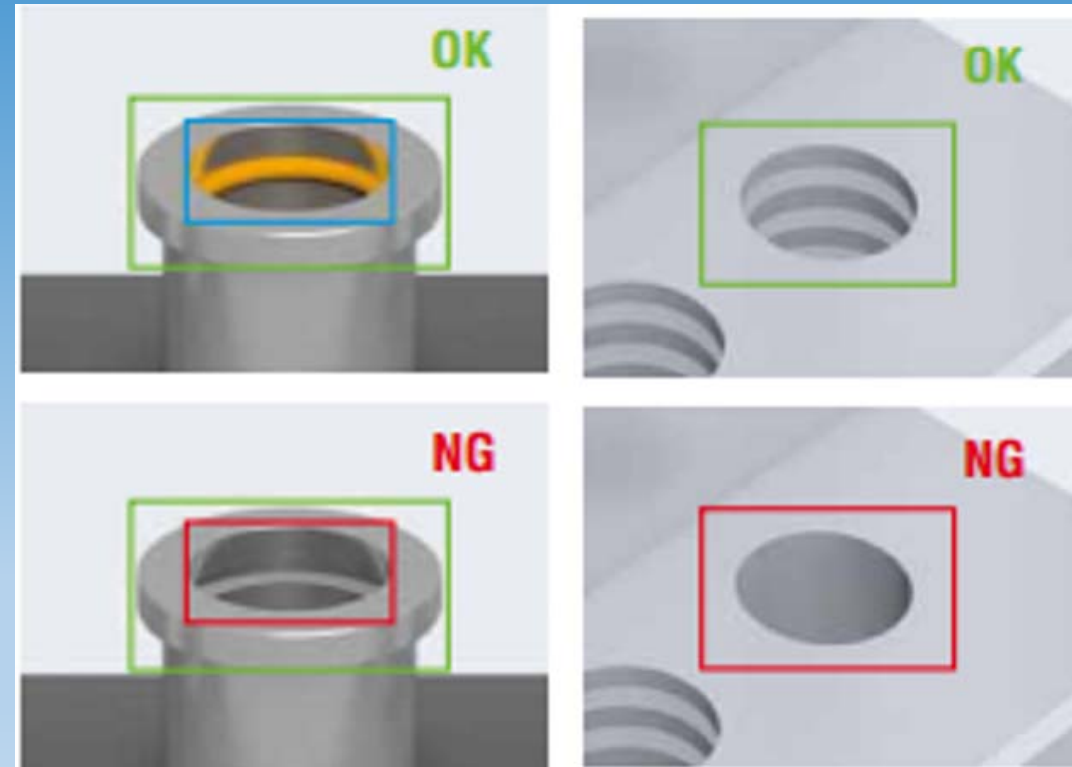


行业应用

- 电子器件行业：电子零部件的有无检测、方向识别/确认

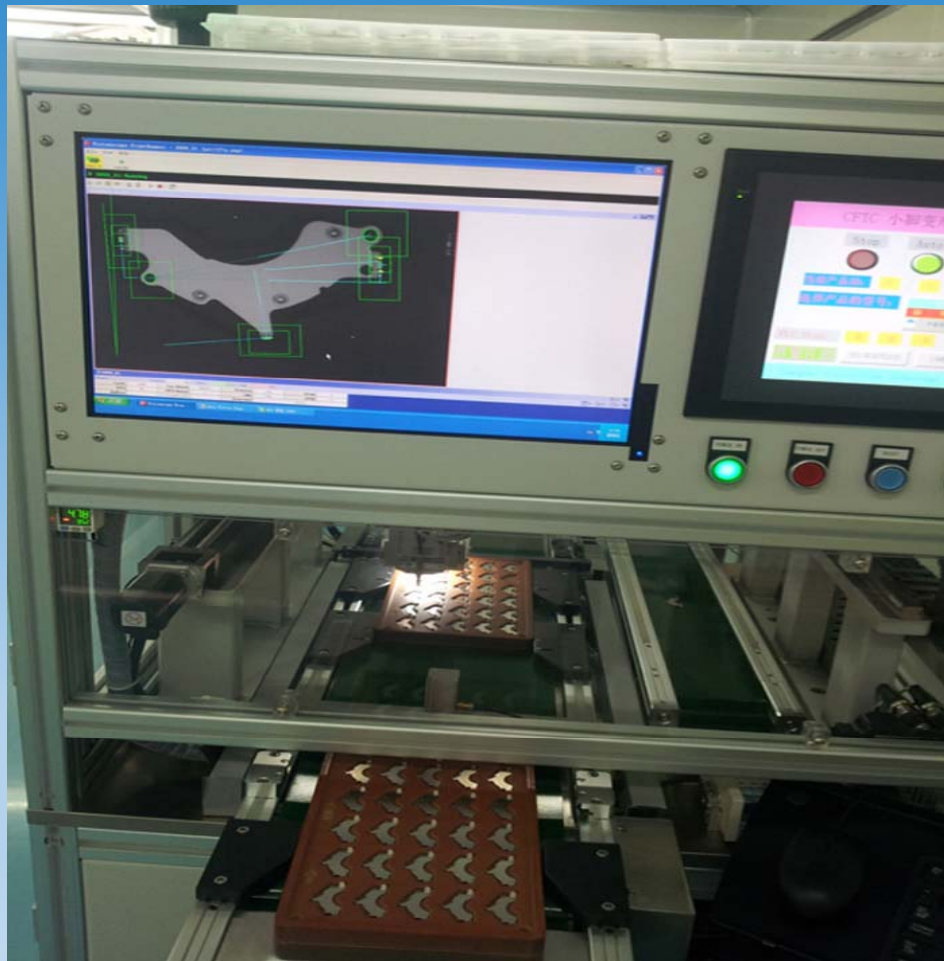


- 工业制品检测：金属零部件内的密封垫有无、螺纹孔的螺纹槽是否存在



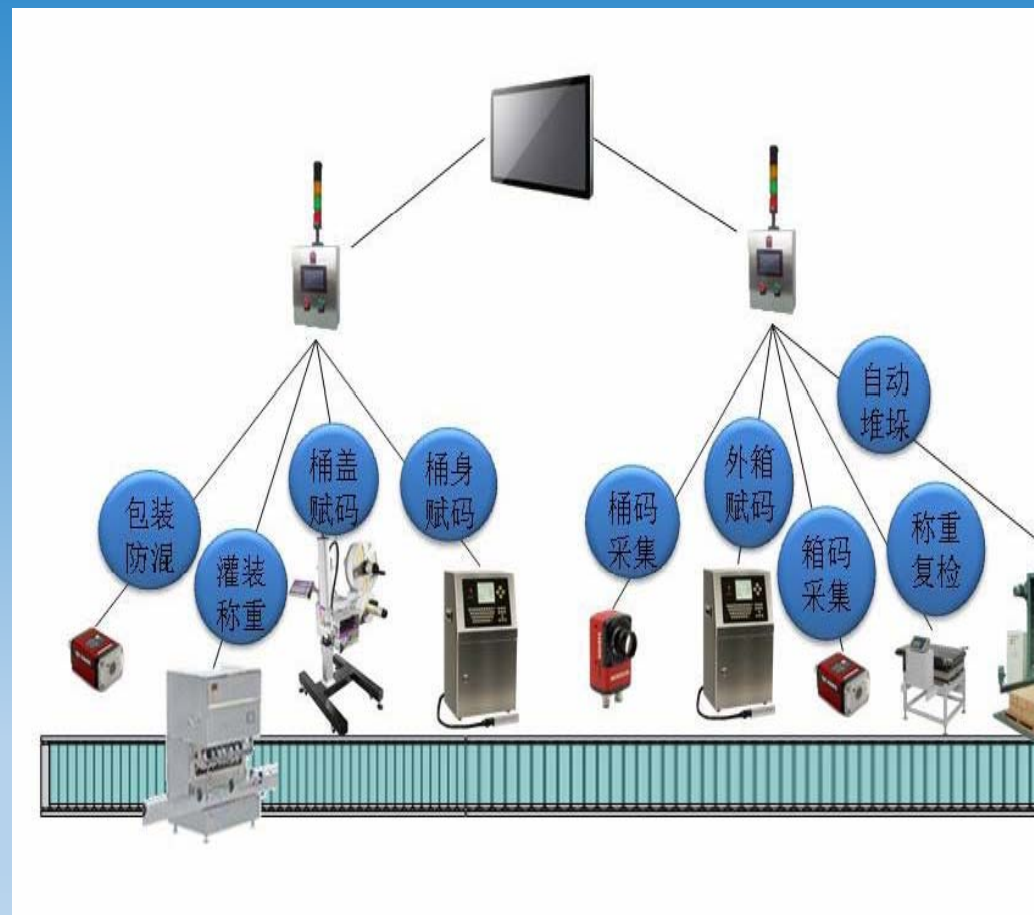
高精度工件检测

线阵相机+远心镜头+精密丝杆组成的线扫描式工业视觉检测



应用案例——产品可追溯

- 针对润滑油灌装生产线，实现产线一体化管理，产品生产数据与上下游数据实现无缝连接，实现产品在整个供应链中的可追溯性需求。
- 机器视觉系统重点聚焦调合和灌装两个生产区域，先后实现了产品在线赋码、灌装线管汇自动化、储罐信息共享、调合配方系统化、灌装线自动数据采集、储运发货优化、中转库和经销商管理、原料油到货管理、生产任务智能排产等管理课题的突破，有效地提高了现场作业管理效率，具备了先进过程控制体系的基本格局，使智能数字化管理水平进一步提升。



应用案例——产品可追溯

使用机器视觉技术进行条码读取和标签验证，具体包括读码（包括读取一维码，二维码），OCR（光学字符识别），检测有/无，定位，测量，标签验证，OCV（光学字符验证）等等，

保证产品质量和全程可视化操作。管理者和生产人员可轻松地管理日常工作，对各类时间能快速响应和决断，确保生产顺利进行，实现产品的全程可追溯性。



应用案例——视觉堆垛

通过相机视野内目标比例的变化来估算目标的高度并引导机器人的运动补偿目标的偏移，允许机器人只借助一个普通2D相机或线激光辅助来拾取码放堆集的目标。



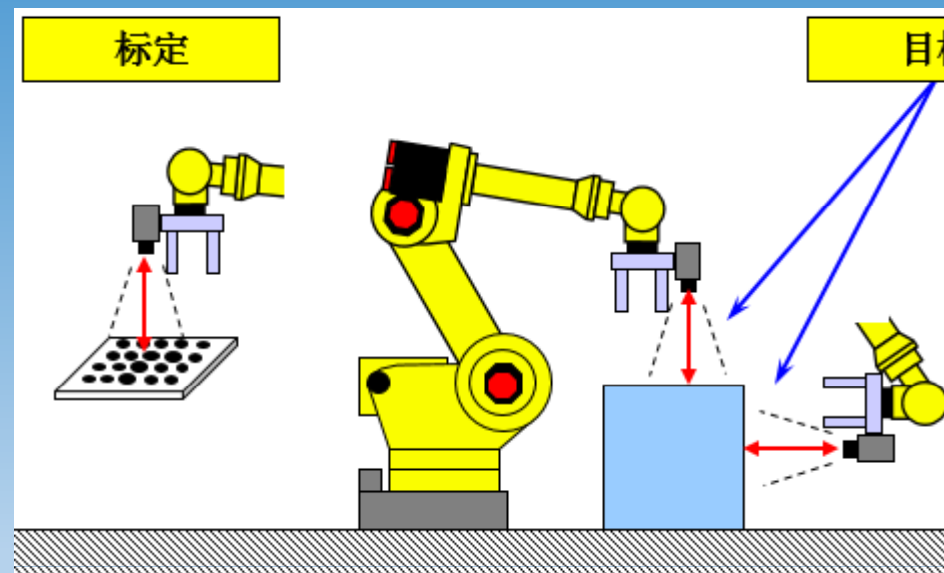
应用案例——视觉堆垛

• 工作原理：

- 利用传感器和辅助光源组成机器视觉系统，实现对无定位工件的准确位置判断，在机器人收到信号后，机器人装上为工件定制的专用手爪去可靠的抓取工件，在与机床进行通讯得到上料请求后，最终完成机床的上下料，在各种机械加工行业中该系统应用广泛。

• 工作流程

- 标定：图像坐标映射与世界坐标的映射
- 检测：工件有无及在图像坐标中的位置
- 定位：工件映射到世界坐标的位置
- 引导：发出指令动作



应用案例——视觉堆垛

传感器安装方式:

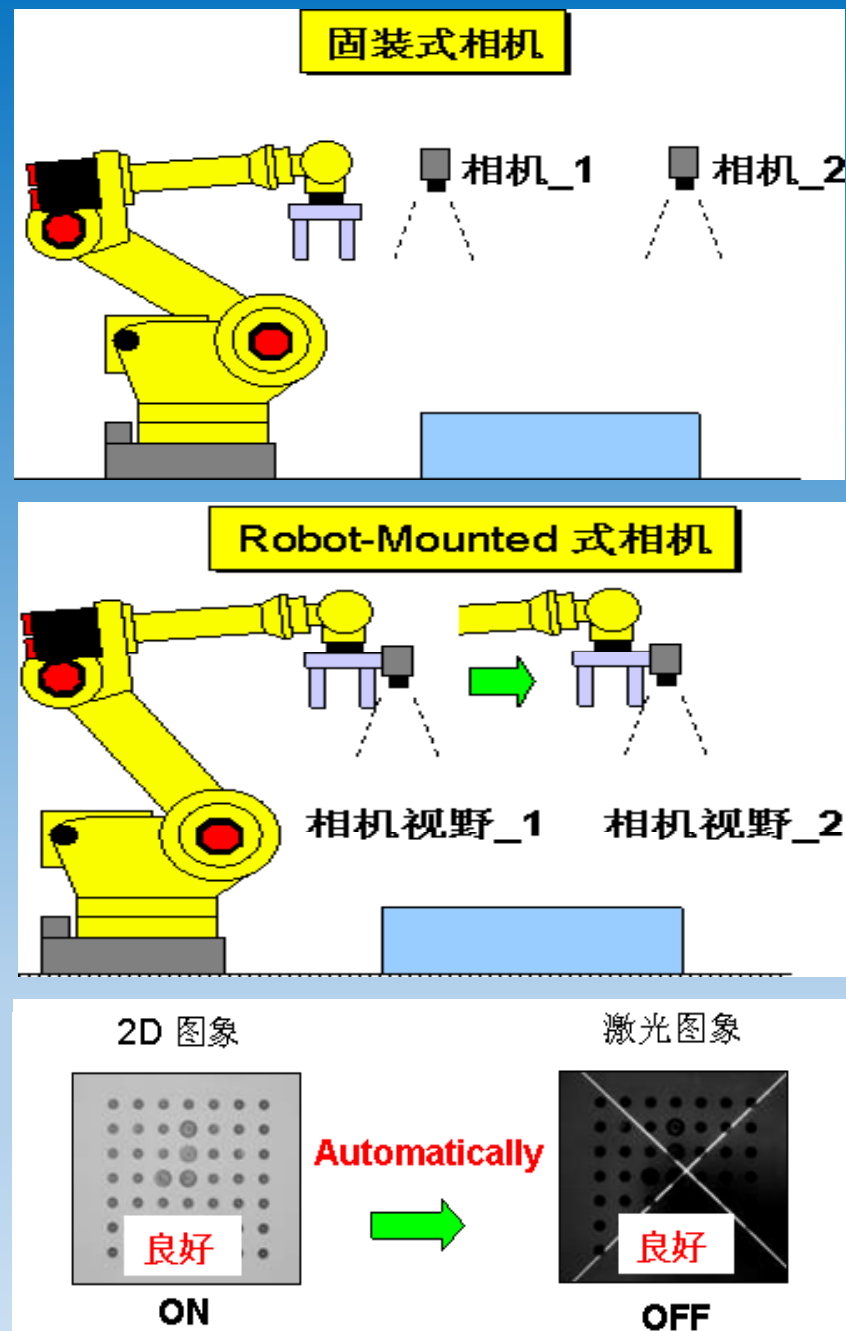
- 固定式
- 机械手一体式

传感器:

- 2D相机
- 2D相机+线激光

优势:

- 使生产流水线更加简单易于维护;
- 大幅度降低工人的劳动强度;效率和柔性都比较高。
- 系统结构简单、安全文明、无污染,能在各种机械加工场合进行应用,满足了高效率、低能耗的生产要求。



机器视觉系统的项目评估

• 系统评估及选型：精度、速度、可靠性

- 精度：为什么要达到这么高的精度？高精度意味着高代价。系统的误差分配，系统精度、机台精度、控制传感精度，视觉部分的精度（分辨率、图像质量、安装精度、镜头、标定方法、算法、环境等）
- 速度：总指标、控制部分、动作的配合及协调、通信速度、采集速度（硬件）、处理速度（计算机硬件、软件算法、图像质量等）
- 可靠性：硬件的可靠性、软件算法的可靠性及稳定性、系统设计的可靠性等

机器视觉系统的开发流程

- 提出问题
- 定义检测目标
- 收集制订完整的规格列表
- 可行性研究
- 这个零件是如何被肉眼看到的？
- 这个零件将如何照在其上的光的特性？
- 将自己想成是那个零件
- 概念设计
- 实验室的反复实验
- 原型机生产
- 批量生产，先进制造

机器视觉系统的开发周期

- 需求了解/分析/确认；（前期多沟通很重要）
- 样品准备/测试；（需要客户密切配合）
- 系统软/硬件选型；（保证性价比最好）
- 系统开发设计；（严格按项目管理方法进行）
- 现场试运行/大量测试；（必不可少，需要配合）
- 系统的局部修改和完善；（往往耗时较多）
- 系统验收；
- 人员培训与系统维护；