



机器视觉技术

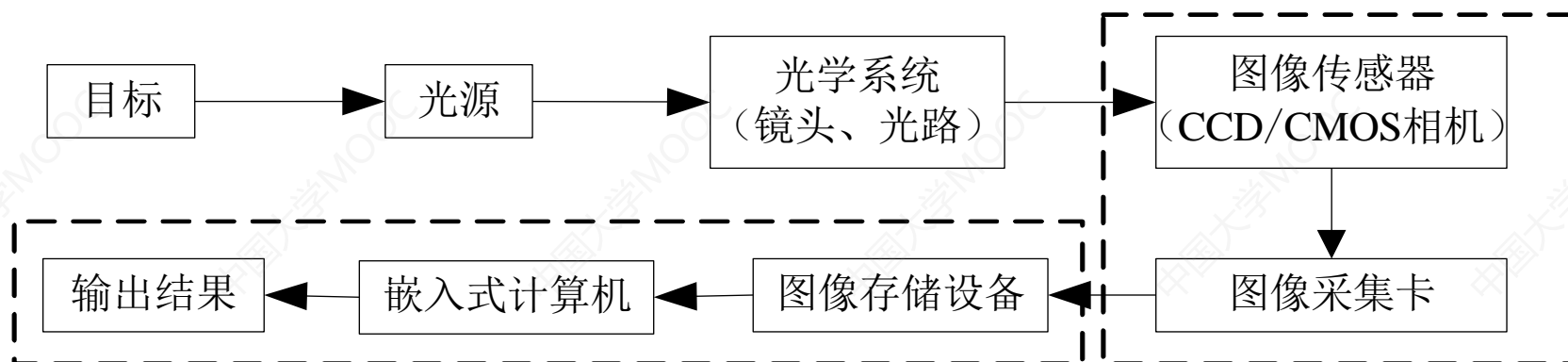
主要内容

- 概述
- 镜头技术
- 摄像机技术
- 光源技术
- 图像采集卡

物理量--数字量

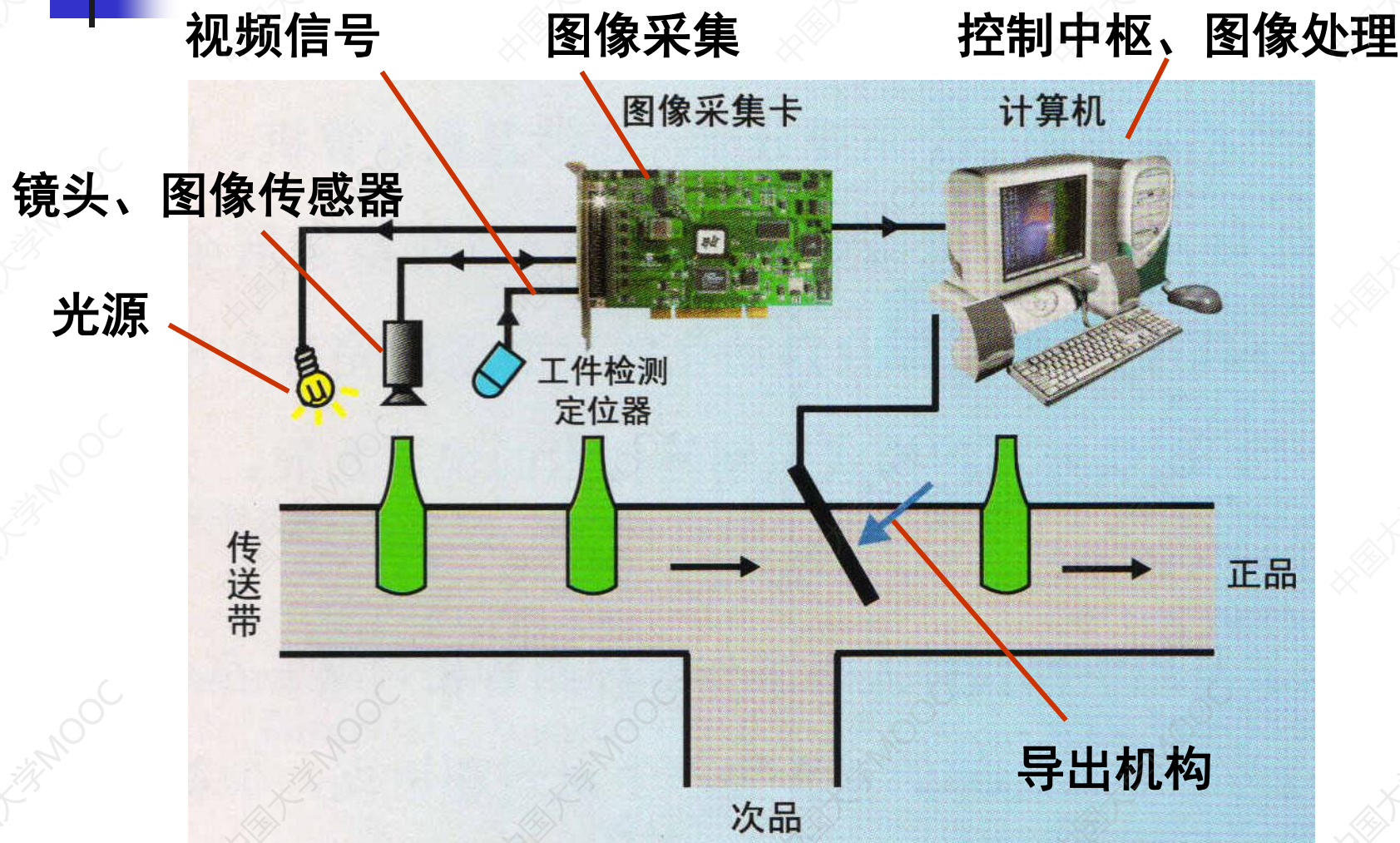
1 概述

光源为视觉系统提供足够的照度，**镜头**将被测场景中的**目标**成像到视觉传感器（CCD）的靶面上，将其转变为电信号，**图像采集卡**将电信号转变为数字图像信息，即把每一点的亮度转变为灰度级数据，并**存储**为一幅或多幅图像；**计算机**实现图像存储、处理，并给出测量结果和输出控制信号。



视觉检测处理系统框图

1 概述





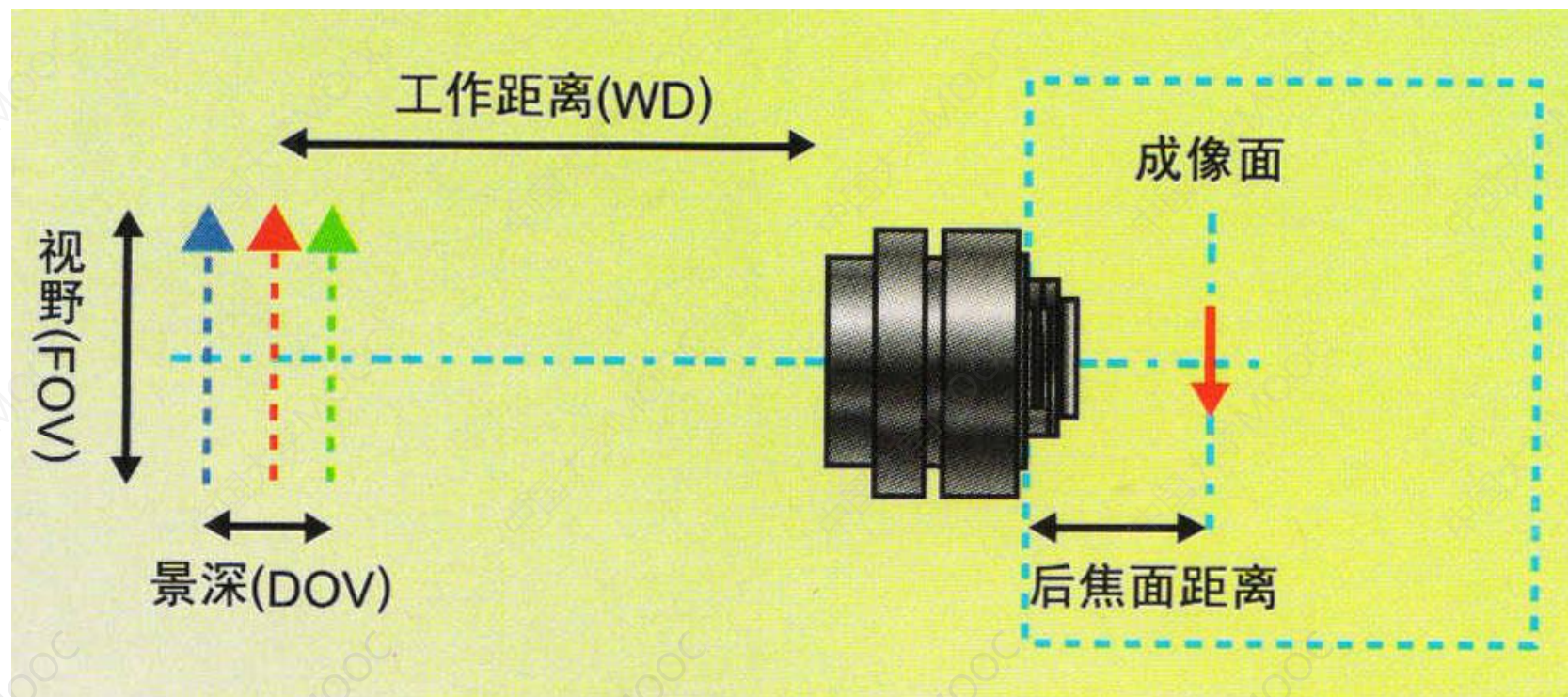
2 镜头技术

镜头是集聚光线，使成像单元能获得清晰影像的结构。

光学镜头目前有**监控级**和**工业级**两种，监控级镜头主要适用于图像质量不高、价格较低的应用场合；工业级镜头由于图像质量好、畸变小、价格高，主要应用于工业零件检测和科学研究等应用场合。**视场角**和**焦距**是光学镜头的重要技术参数，**滤光镜**的使用也是镜头技术的重要组成部分。

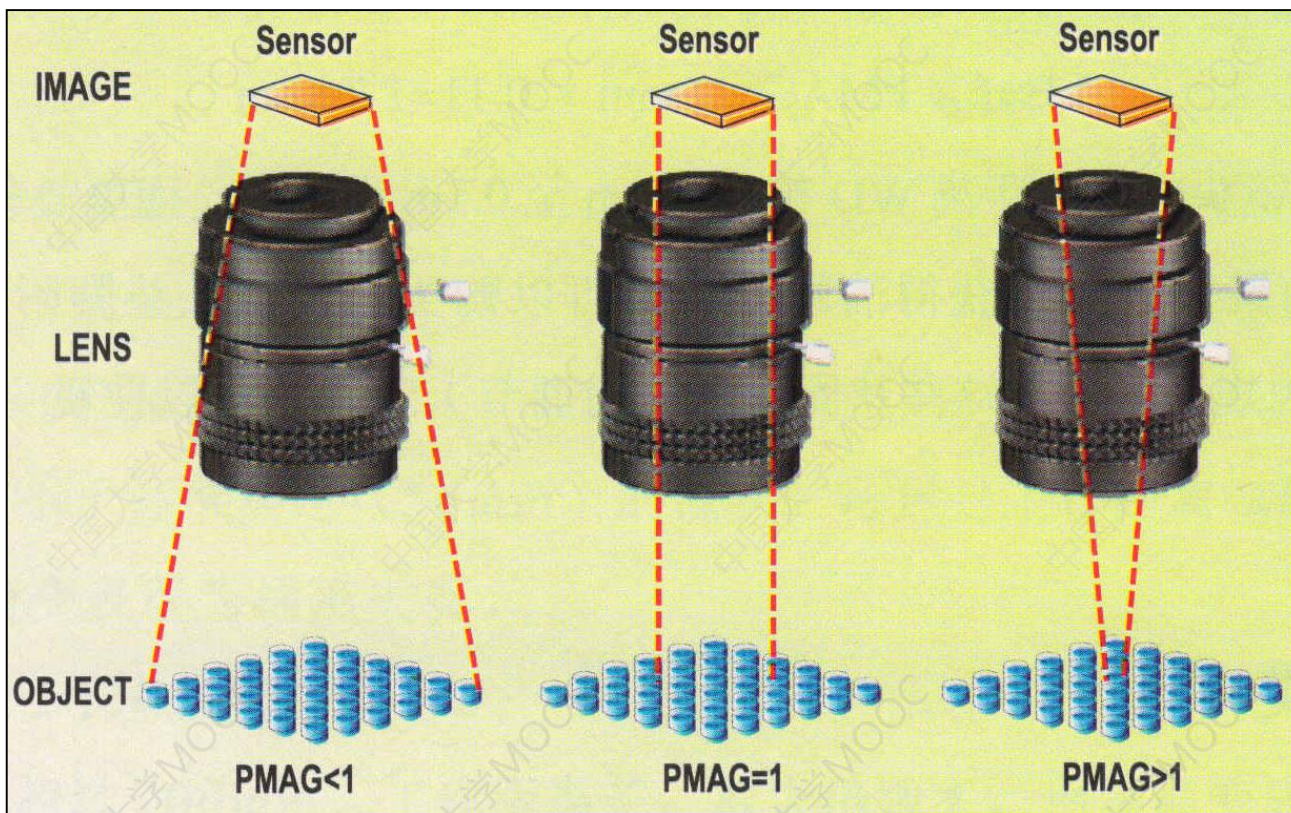
2 镜头技术

- 以透镜成像为例



2 镜头技术

PMAG: 镜头的放大倍数



2 镜头技术

■ 如何选择焦距

WD: 工作距离

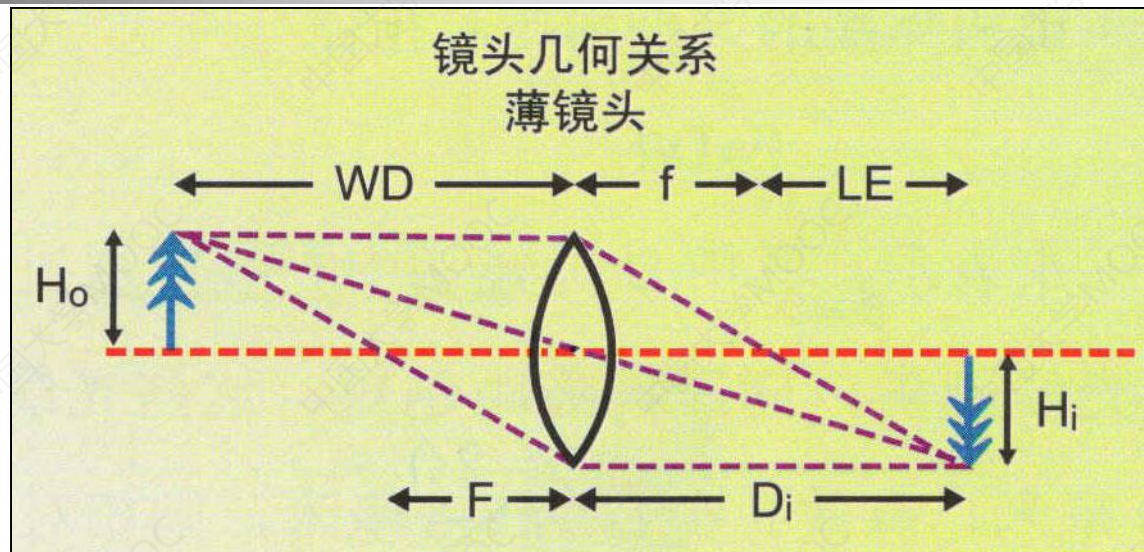
H_o: 视野的高度

H_i: 相机有效成像面高度

PMAG: 镜头的放大倍数

LE: 镜头像平面的扩充距离——为实现聚焦像平面后移

$$LE = D_i - f = PMAG * f$$



2 镜头技术

- 物距WD、放大倍数PMAG和焦距f的关系

$$\text{PMAG} = \frac{\text{Sensor Size(mm)}}{\text{Field of View(mm)}} = \frac{H_i}{H_o} = \frac{D_i}{WD} \quad \text{LE} = D_i - f = \text{PMAG} * f$$

$$f = \frac{WD * \text{PMAG}}{1 + \text{PMAG}}$$

利用上式可通过被测物尺寸（ H_o ）、物距（WD）和像平面高度（ H_i ）计算出所需镜头的焦距f。



2 镜头技术

■ 普通镜头选择步骤：

- 获得物体至镜头的距离WD，如果是一个范围，取中间值；
- 计算图像放大倍数PMAG；
- 利用公式计算所需的焦距；
- 选取与计算值最接近的标准镜头产品，并取其焦距值；
- 根据所选镜头焦距重新核算镜头到物体的距离WD。

举例：

物体至镜头的距离在10cm~30cm范围内，取WD=20cm。

设视场高度为6cm，传感器成像面高度为6.6mm，则镜头放大倍数为：

$$PMAG=6.6mm/60mm=0.11$$



2 镜头技术

计算所需镜头焦距：

$$f = \frac{WD * PMAG}{1 + PMAG} = 200 * 0.11 / (1 + 0.11) = 19.82\text{mm}$$

标准镜头焦距：8mm、12.5mm、16mm、25mm和50mm

16mm镜头的焦距最接近计算值，使用该值重新计算WD：

$$WD = f * \frac{1 + PMAG}{PMAG} = 16 * (1 + 0.11) / 0.11 = 16.1\text{cm}$$

镜头的扩充距离为： $LE = f * PMAG = 16\text{mm} * 0.11 = 1.76\text{mm}$

如果镜头扩充距离不够，可以通过垫圈（1mm或0.5mm）调节聚焦机构获得所需扩充距离。

2 镜头技术

工业镜头的主要类别：常用摄像镜头

F型接口类型摄像镜头焦距表（mm）

类型	鱼眼型	超广角型	广角型	标准型
焦距	7.5,15	17,20	24,28,35	50

C,CS型接口类型摄像镜头焦距表(mm)

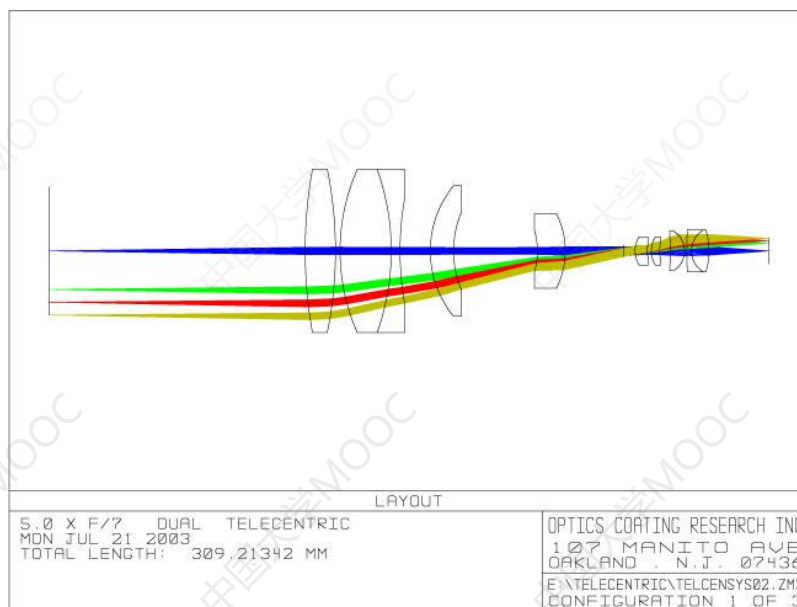
类型	1/3"	1/3 ",1/2 "	2/3 ",1 "
焦距	2.8-3.5	3.5-6	8-75

2 镜头技术

工业镜头的主要类别：远心镜头

- 物方远心镜头
- 物方远心镜头采用平行光路设计，将孔径光阑放置在光学系统的像方焦平面上。

可以消除透视畸变,常用于工业精密测量，畸变极小。



2 镜头技术

常用的工业镜头品牌

日本的理光RICOHV、中国深圳的欧姆微OMW、日本的VST、COMPUTAR、中国东莞的普密斯、陕西维视的BT-TML等品牌。



定倍远心镜头



定焦镜头



连续变倍
镜头组件



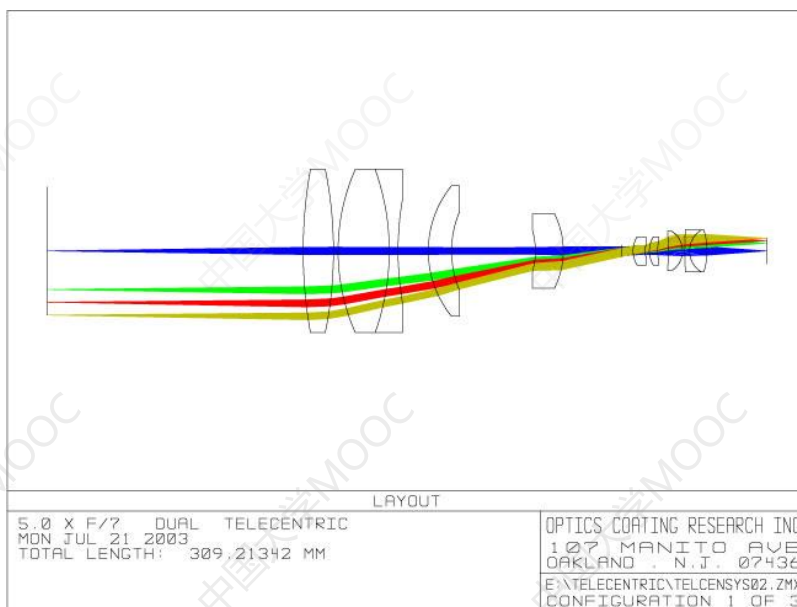
连续变倍
镜头

2 镜头技术

工业镜头的主要类别：远心镜头

- 物方远心镜头
- 物方远心镜头采用平行光路设计，将孔径光阑放置在光学系统的像方焦平面上。

可以消除透视畸变,常用于工业精密测量，畸变极小。





2 镜头技术

■ 自动调焦

- 自动调焦相机的调焦利用**电子测距器**自动进行，当采集图片时，根据被摄目标的距离，电子测距器可以把前后移动的镜头控制在相应的位置上，或旋转镜头至需要位置，使被摄目标成像达到最清晰。
- 自动调焦有几种不同的方式，**目前应用最多的是主动式红外系统**。从相机发光元件发射出一束红外线光，照射到被摄物主体后反射回相机，感应器接收到回波。相机根据发光光束与反射光束所形成的角度来测知拍摄距离，实现自动对焦。

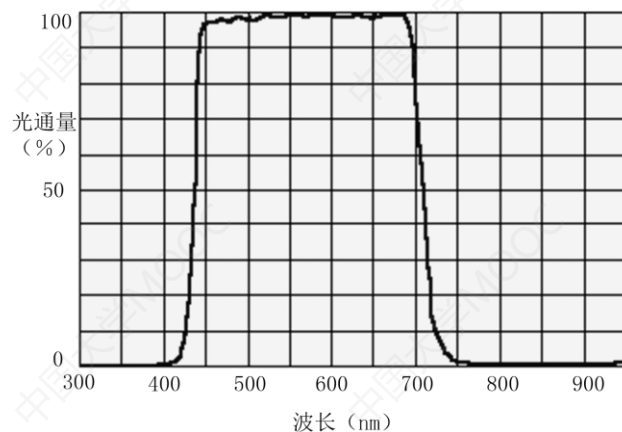
2 镜头技术

■ 滤光镜

能按照规定的需要改变入射光的光谱强度分布或使其偏振状态发生变化。



滤光镜样品



滤光镜对不同波长光波的光通量



2 镜头技术

滤光镜的分类：

- 1) **对比滤光镜**——在摄像中改变被摄物体某一色调以提高对比度的滤光镜，称为对比滤光镜，又称反差滤光镜。具体有：**红色**滤光镜、**黄色**滤光镜、**橙色**滤光镜、**绿色**滤光镜、**黄绿色**滤光镜、**蓝色**滤光镜等。
- 2) **紫外线滤光镜**——简称UV，减小其对成像的干扰，加强影像的清晰度。
- 3) **中色滤光镜**——简称ND，用来降低通过镜头的光量。
- 4) **红外线滤光镜**——仅通过红外线，专用于红外线摄像。



3 摄像机技术

摄像机是获取图像的前端采集设备，它以面阵 CCD 或 CMOS 图像传感器为核心部件，外加同步信号产生电路、视频信号处理电路及电源等组合而成。它是机器视觉系统中不可或缺的重要组成部分。摄像机采集图像质量的好坏直接影响后期图像处理的速度与效果。所以选取一个各项指标符合要求的摄像机至关重要。

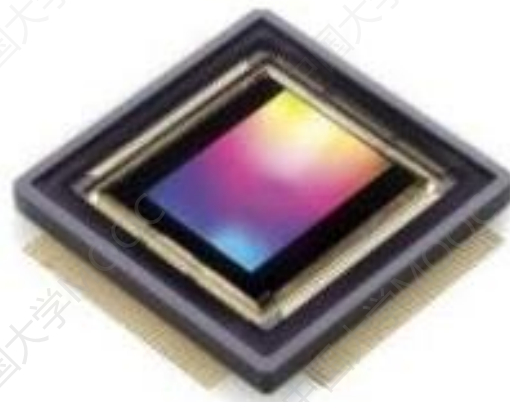


3.1 数字摄像机

- 数字摄像机主要由感光传感器（CCD或CMOS）、模数转换器（A/D）、图像处理器（DSP）、图像存储器（Memory）、液晶显示器（LCD）、端口、电源和闪光灯等组成；
- 原理：利用光电传感器（CCD或CMOS）的图像感应功能，将物体反射的光转换为数码信号，经压缩后储存于内建的存储器上。
- 优点：具有很强的稳定性和噪声抑制能力，能提供高分辨率的图像信息。

3.1 数字摄像机

- CCD电荷耦合器件摄像机（Charge Coupled Device）：感光像元在接收输入光后，产生电荷转移，形成输出电压。
- CMOS摄像机（Complementary Metal Oxide Semiconductor）：互补金属氧化物半导体，体积小、耗电少、价格低，在光学分辨率、感光度、信噪比和高速成像等已超过CCD。



3.2 分辨率

2560*1920 (4.92mp)

2048*1536 (3.1mp)

1600*1200 (1.92mp)

括号内像素数单位为百万
为括号外分辨率乘积

相机分辨率

机器视觉领域的相机分辨率就是其能够拍摄最大图片的面积,通常以像素为单位,分辨率越大,图片的面积越大,文件(容量)也越大。通常,分辨率表示成每一个方向上的像素数量,比如 640×480 ,那它的分辨率就达到了307200像素,也就是常说的30万像素。



3.3 帧速

- ▶ 帧速指视频画面每秒钟传播的帧数，用于衡量视频信号传输的速度，单位为帧/秒（fps）。
- ▶ 动态画面实际上是由一帧帧静止画面连续播放而成的，机器视觉系统必须快速采集这些画面并将其显示在屏幕上才能获得连续运动的效果。采集处理时间越长，帧速就越低，如果帧速过低的话画面就会产生停顿、跳跃的现象。
- ▶ 一般对于机器视觉系统来说，每秒60帧较为理想，每秒30帧是底线，否则就会产生停顿、跳跃的现象。



3.4 智能相机

智能相机是一种高度集成的微型机器视觉系统。它集图像采集、处理和通信于一体，提供了一个多功能、模块化、高可靠性、易于实现的机器视觉系统。同时，由于应用了最新的DSP、FPGA和大容量存储技术，智能化程度不断提高，可以满足多种机器视觉的应用需求。



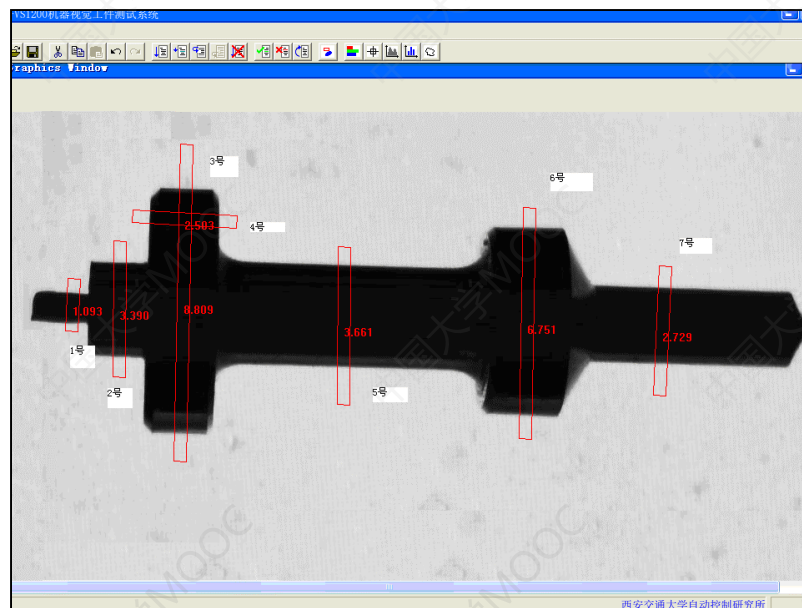
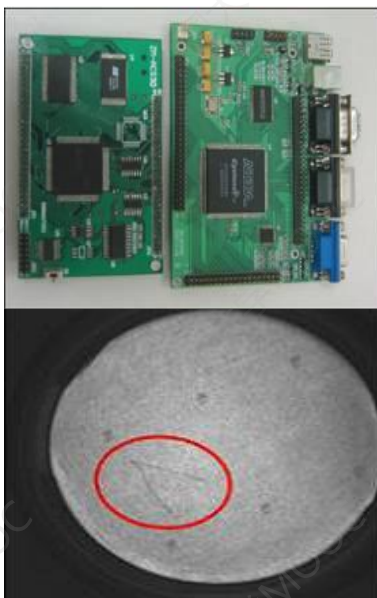
3.4 智能相机

智能相机的组成

- **图像感知单元：** CCD/CMOS 摄像头，将光学图像转换成模拟图像。
- **图像采集单元：** 利用图像采集卡将模拟图像转换为数字图像，并进行实时存储。
- **图像处理软件：** 如几何边缘提取、图像滤波降噪、灰度直方图计算、简单定位搜索等。封装成固定的软件模块，用户无需编程即可直接应用。
- **网络通信装置：** 完成控制信息、图像数据的通信任务。

3.4 智能相机

工业智能相机测量装置可检测五个参数，检测速度可达**500个/分钟**，已成功应用于工业产品**尺寸、缺陷和形状参数**的高速检测、**NG判定和分捡控制**。



工业智能相机测量装置及其应用

3.5 相机接口

- **USB 接口**：是一种应用非常普遍的4针串行接口，直接输出数字图像信号。支持热插拔，连接方便。USB2.0的传输速度达到120Mbps-480Mbps，同时可接127个设备。



- **Gigabit Ethernet接口**：作为最新的高速以太网技术，最大优点是继承了传统以太网价格便宜的特点。网络连接协议，传输速度可以在10、100、1000 Mbit/s 标准中选择，可达到100米的传输距离。



3.5 相机接口

- **IEEE 1394 (FireWire) 接口**：即插即用串行接口，可同时支持63台摄像机，每间隔4.5米，最远可达72米。支持800Mbits/s甚至3200Mbits/s的传输速度。



- **CameraLink 接口**：专为机器视觉的**高端应用设计的**，**数据传输率高达1G bit/s**，数字格式输出，高分辨率，高数字化率和各种帧频输出。





4 光源技术

- 光源是机器视觉系统中的关键组成部分，在机器视觉系统中十分重要。
- 光源的主要功能是以合适的方式将光线投射到待测物体上，突出待测特征部分对比度。好的光源能够改善整个系统的分辨率，减轻后续图像处理的压力。
- 对于不同的检测对象，必须采用不同的照明方式才能突出被测对象的特征，有时可能需要采取几种方式的结合，而最佳的照明方法和光源的选择往往需要大量的试验才能找到。

4 光源技术

■ 光源的种类——按发光器件：



卤素灯（光纤光源）

亮度特别高，寿命短，只有1000-2000小时左右，需要经常更换灯泡。发光源是卤素灯泡，通过光学透镜和分光系统，光纤输出，光源功率很大，可高达250瓦。冷光源，出光不热且色温稳定，适合用于对环境温度比较敏感的场所，比如二次元量测仪的照明。可用于线扫描和较长线光源。



高频荧光灯

类似日光灯，工业级产品，适合大面积照明，亮度较高，成本低，最大缺点是闪烁、衰减速度快。需要高频电源，也就是光源闪烁的频率远高于相机采集图像的频率（线扫描相机就是行频），消除图像的闪烁。可做到60KHz。

4 光源技术

光源的种类——按**发光器件**：



LED灯

LED光源是**目前主流的机器视觉光源**。特点是寿命长，稳定性好，功耗非常小。

- 1, **直流供电**，无频闪。
- 2, 专业的LED**光源寿命非常长**。（如美国AI的寿命50000小时亮度不小于50%）
- 3, **亮度也非常高**，接近卤素灯的亮度，并且随着LED工艺的改善不断提高。（目前美国AI线光源亮度高达90000LUX）
- 3, 可以灵活地设计成不同结构的线光源，如直射、带聚光透镜、背光、同轴以及类似于碗状的漫反射线光源。
- 4, 有多种颜色可选，包括红、绿、蓝、白，还有红外、紫外。针对不同被测物体的表面特征和材质，选用不同颜色也就是不同波长的光源，获得最佳的图像。



AI公司产品

4 光源技术

光源的种类

- 按**几何形状**：环形、方形、穹型、条型光源；



4 光源技术

光源的种类

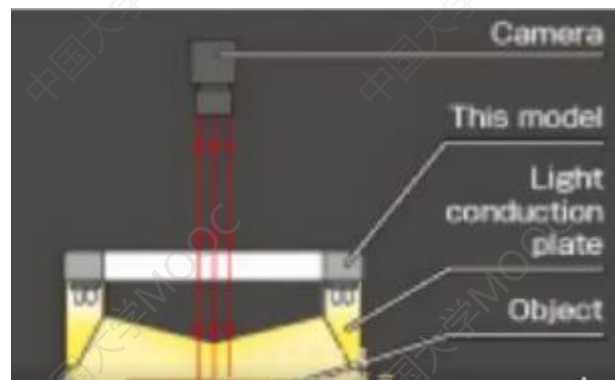
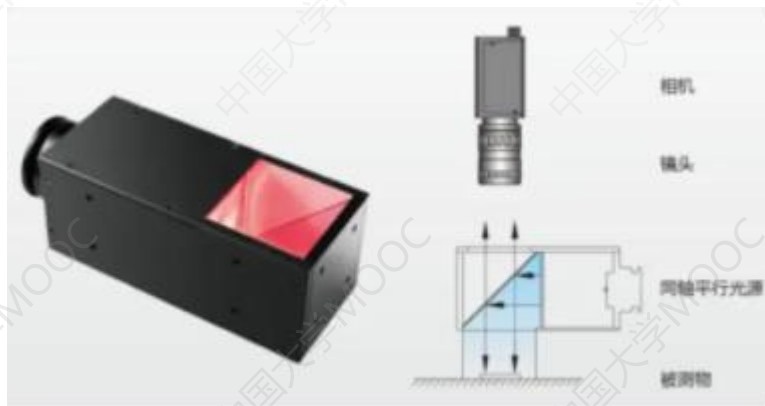
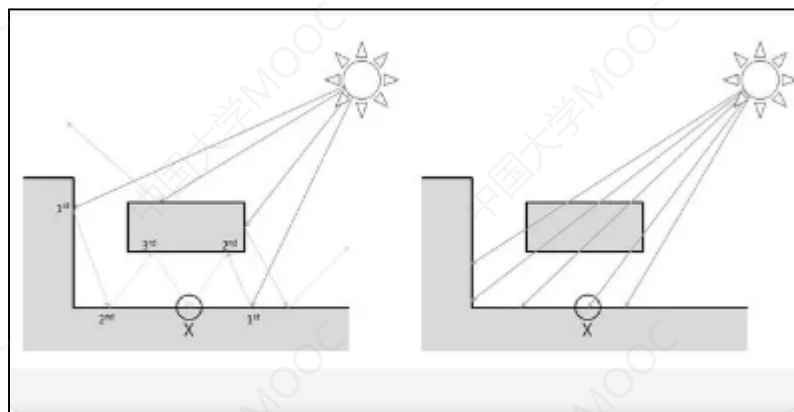
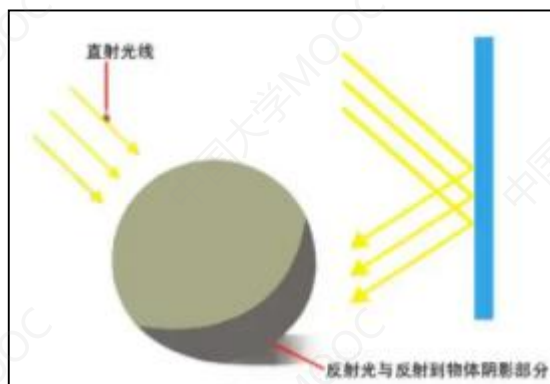
- 按**发光特性**：点光源、线光源、面光源等



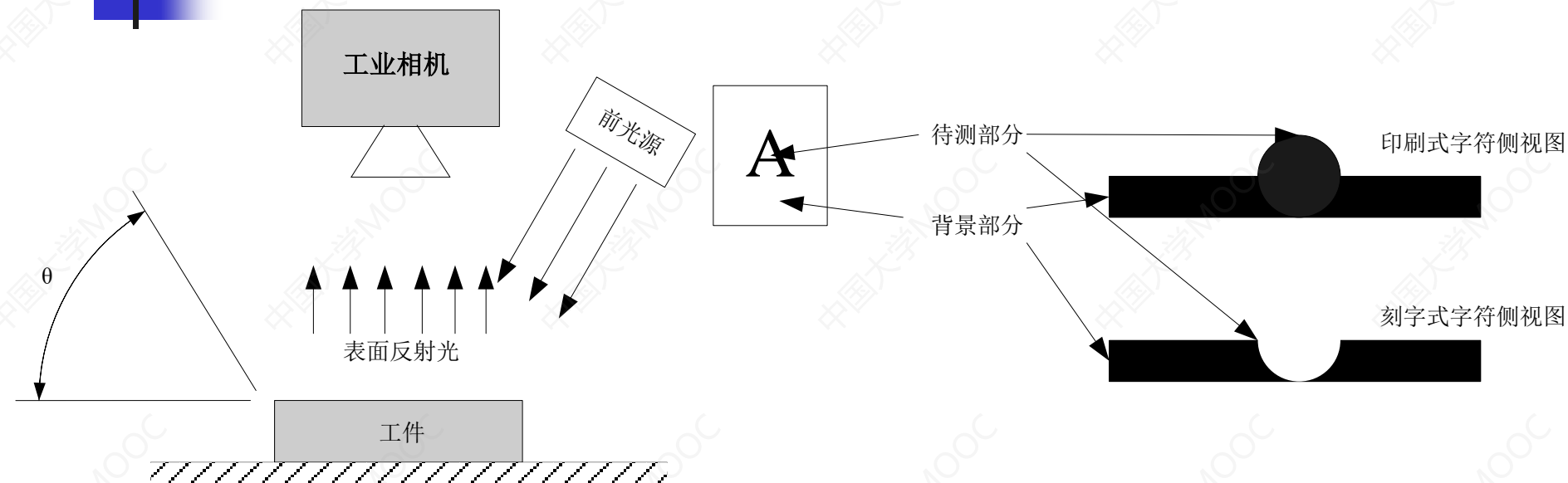
4 光源技术

光源的种类

- 按照射角度：直射、间接、同轴、平行、掠射等。



4.1 前光源



前光源是指**放置在待测物前方的光源**，主要应用于**检测反光与不平整表面**。印刷式字符采用**高角度照明**方式效果较好，而刻字式字符采用**低角度照明**效果俱佳。

4.1 前光源

轮胎上的数字编号凸出于轮胎侧表面，且与背景颜色相同，因此很难判别。但是采用**前光源高角度照明**法可以在相片上产生微妙的“凸出”效果，数字编号可清晰的浮现出来。



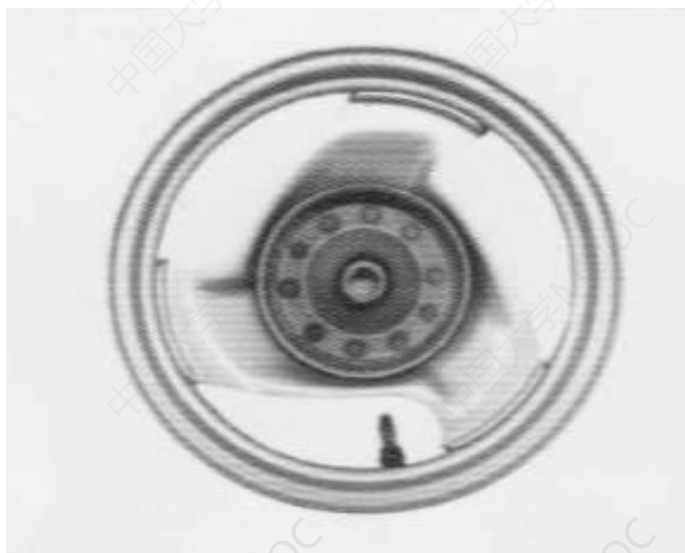
待测轮胎



高角度照明法下轮胎数字编号的图片

4.1 前光源

在检测轮盘上的字符时，鉴于文字是刻在涂层表面上，采用**低角度照明法**，采集的图片中原本凹陷入轮盘里的字符与背景形成了鲜明的对比，十分易于后续图像处理。



待测轮盘



低角度照明法下轮盘字符的图片

4.1 前光源

在检测生产线上黄油瓶盖上的点式印刷字符是否合格时，通过采用合适的前光源技术，拍摄图像中点阵字符的每个点都清晰可见。



前光源照明法下瓶盖印刷字符的图片

4.2 背光源

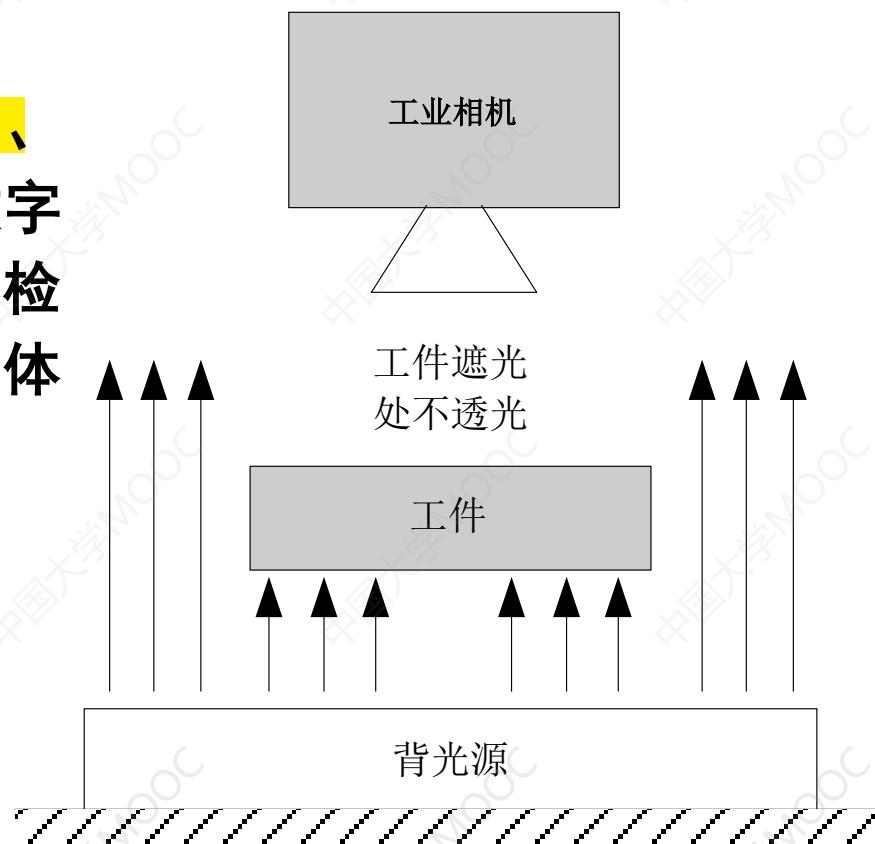
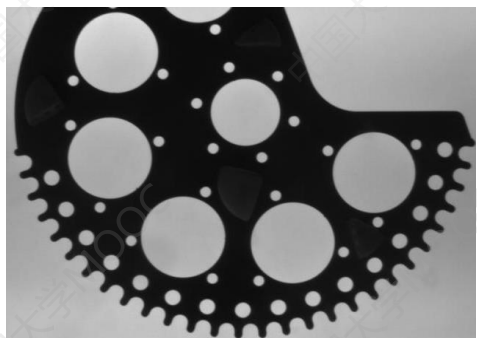


LCD背光源



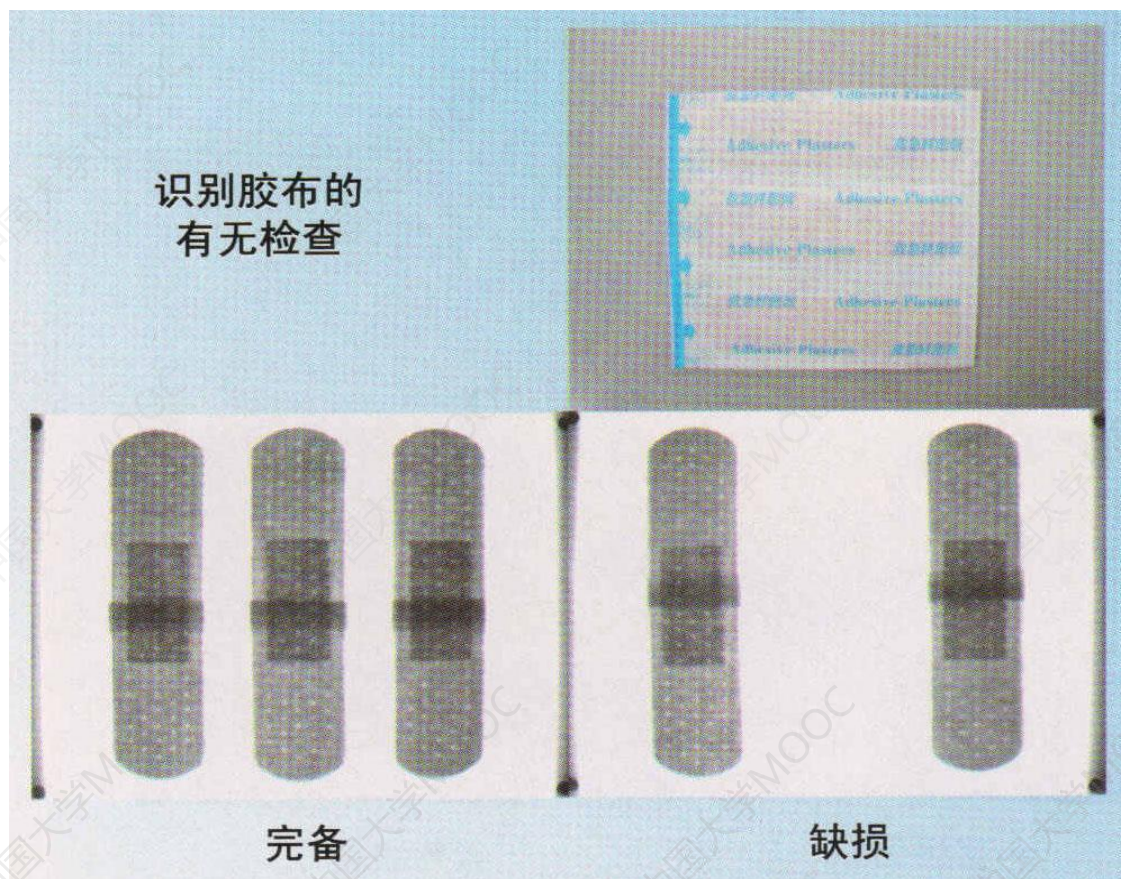
LED背光源

- 背光源放置于待测物体背面。
- 主要应用于被测对象的**轮廓检测**、**透明体的污点缺陷检测**、液晶文字检查、小型电子元件尺寸和外形检测、轴承外观和尺寸检查、半导体引线框外观和尺寸检查等。

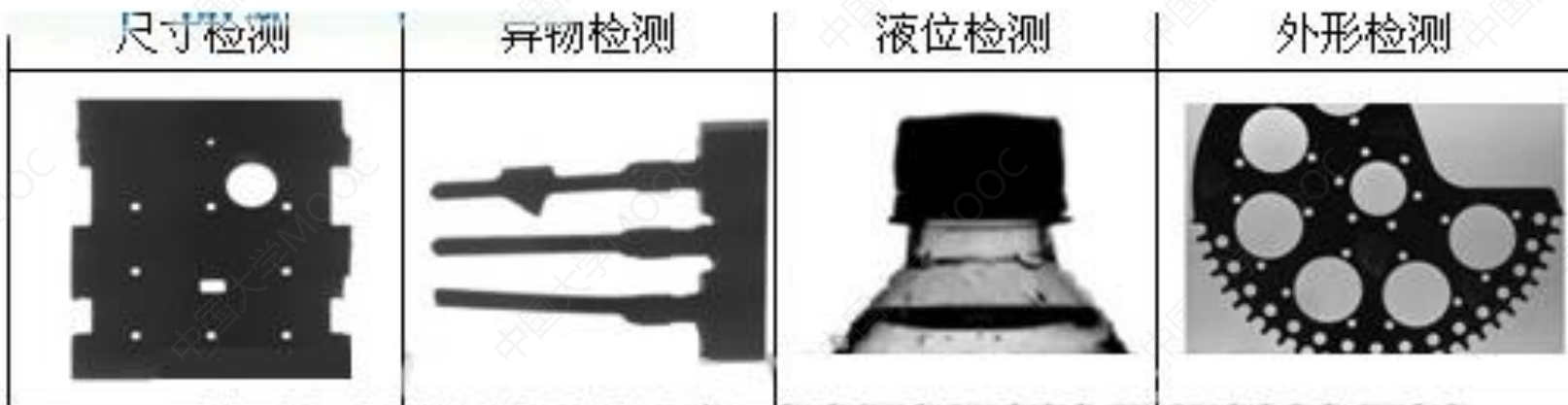


4.2 背光源

- 用透射光检查物体的有无



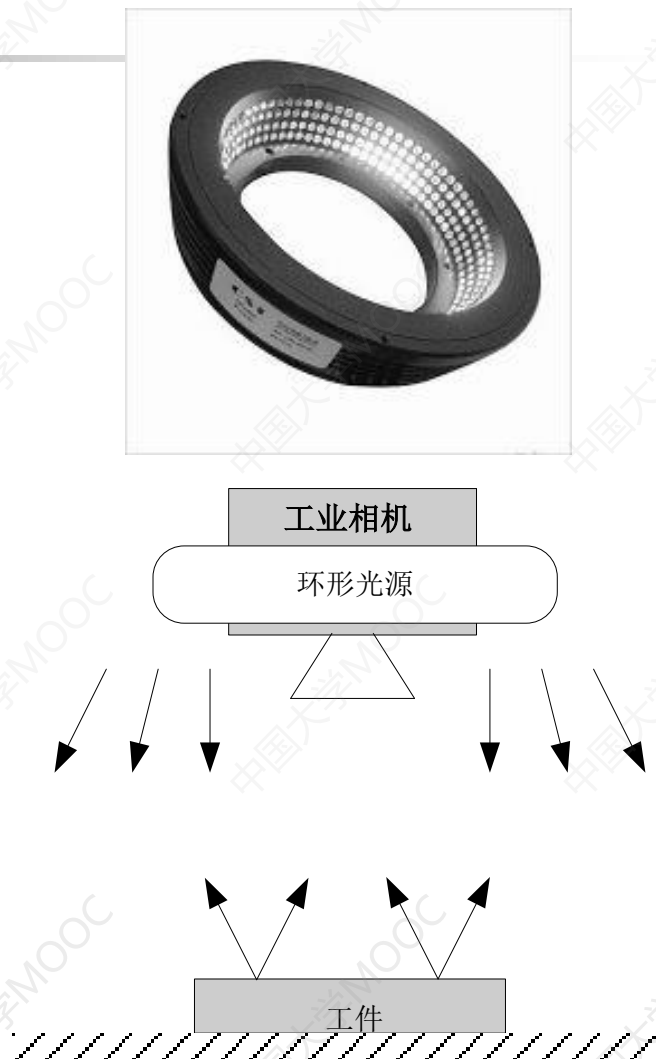
4.3 背光源



OSe背光源:把LED紧凑地排列在基板上；光线透过扩散板从被测物体后面照射，提供高清晰度的轮廓，主要用于检测透光率不高的样品适合于高亮度、短曝光，频闪场合下的背光照明。参数包括：颜色/发光面积/发光功率。

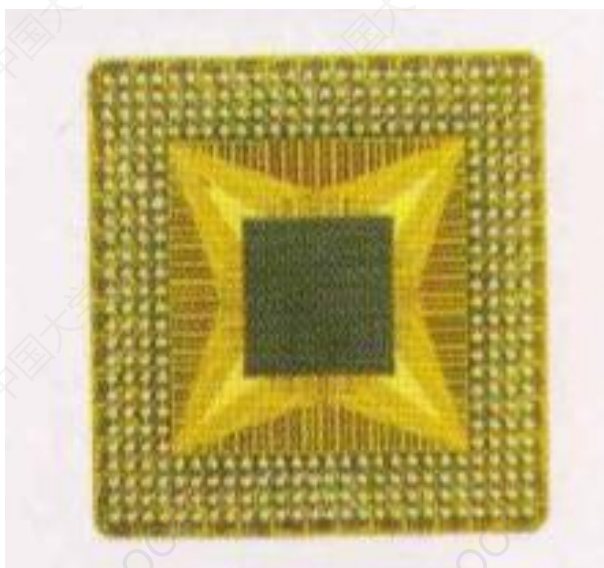
4.4 环形光源

环形光源高密度LED阵列、高亮度，与相机镜头同轴安放，一般与镜头边缘相对齐，节省安装空间；可大大减少阴影、提高对比度，可选配漫射板导光，光线均匀扩散，实现大面积荧光照明。环形光源对检测高反射材料表面的缺陷极佳，非常适合电路板和BGA（球栅阵列封装）缺陷的检测。其他应用领域：IC元件检测，显微镜照明，液晶校正，塑胶容器检测。

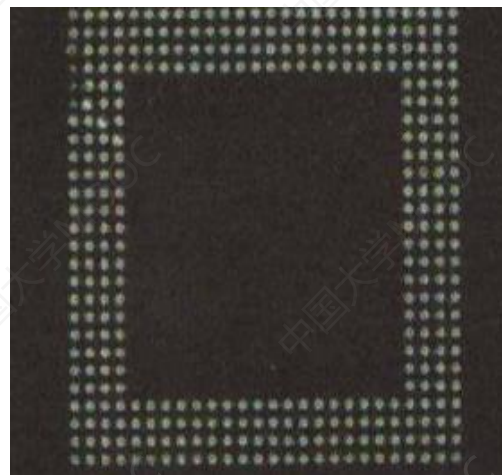


4.4 环形光源

用蓝色环形光源照射待测BGA焊点和金属导线，既去除了金属导线图案又突出了焊点，图像中仅焊点部分呈白色。还可清晰看到左上方的瑕疵。



(a) 待测BGA焊点

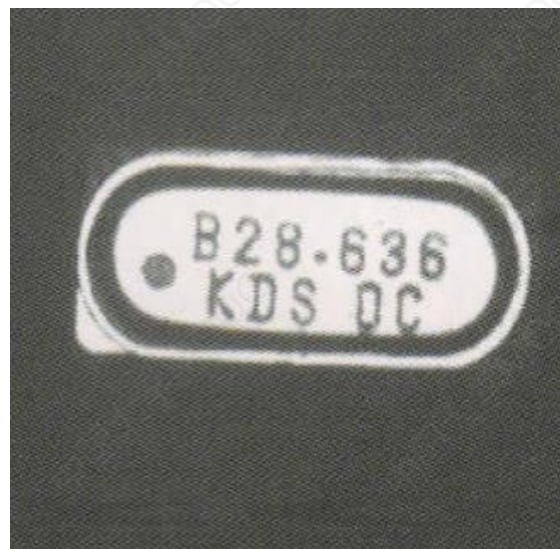


(b) 蓝色环形光源下BGA焊点的图片

4.4 环形光源

a中电容器上的白色印刷字符与黑色背景形成鲜明对比图

b中水晶振荡器上的印刷字符也突出于金属外壳之上



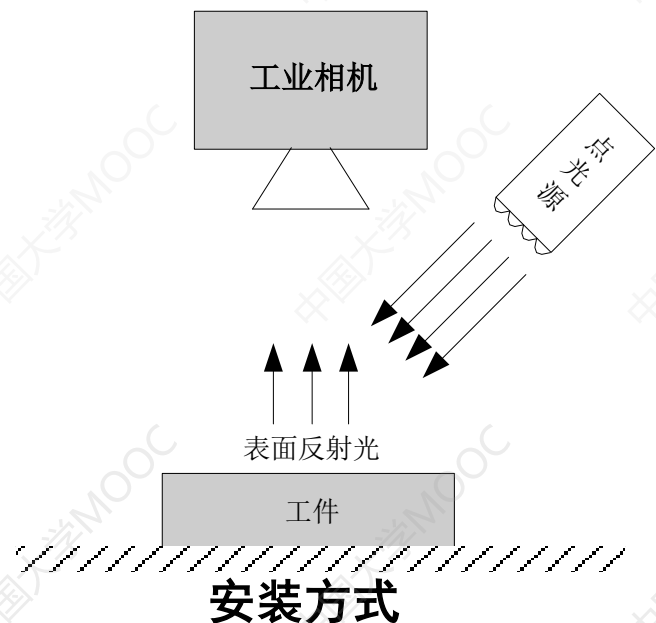
a 用环形光源拍摄电容器图片 b用环形光源拍摄晶振图片
电子元器件字符检测

4.5 点光源

大功率LED，结构紧凑，发光强度高，高效散热装置，大大提高光源的使用寿命。点光源为机器视觉中的待测物提供**明亮、均匀的光照**，使拍摄的图像**对比度高**。它对检测物体反射面上的阴影、微小缺陷和凹痕非常有效，特别适用于条码识别和激光打印字符的检测。其他应用领域：适合远心镜头使用，用于芯片检测，Mark点定位，晶片及液晶玻璃底基校正。



实物图



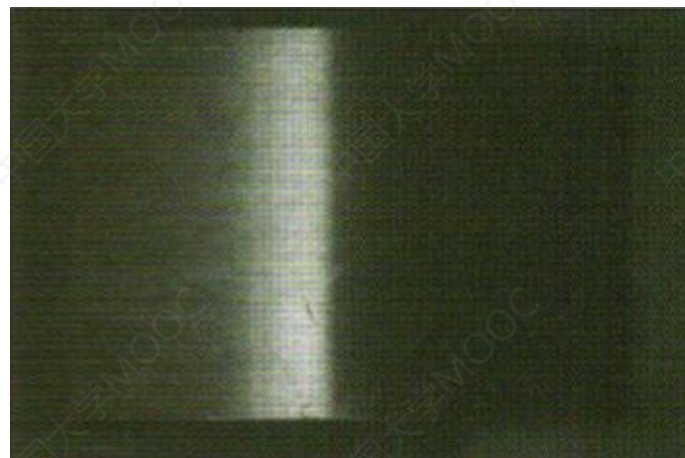
安装方式

4.5 点光源

检测凸轮齿轮损伤缺陷时，可采用平行度较高的点光源照明



(a) 凸轮齿轮



(b) 点光源照射下凸轮表面图像

凸轮缺陷检测

4.5 点光源

- 检测一维条形码也可以选用点光源直接照射感兴趣区域



(a) 待测一维条码

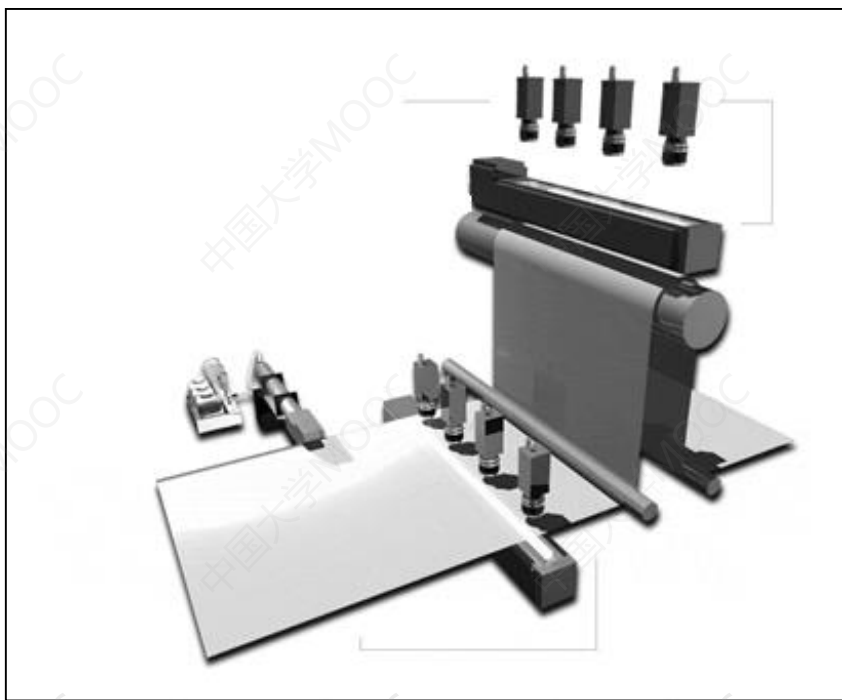


(b) 点光源下条形码图像

条码检测

4.6 线光源

■ 线光源及其实例



**线扫描系统广泛应用于造纸，
印刷，钢铁以及玻璃制造行业**



4.6 线光源

■ 线光源及其实例

线光源采用大功率高亮LED，通过特殊透镜形成一条高亮度、高均匀性的光带。该系列光源体积小、亮度高，确保高输出的同时，实现结构紧凑化设计。采用了抑制光源扩散的设计，使得因为距离产生的亮度变化较小。

特点：

- 1、 大功率高亮度、高均匀性。
- 2、 照射长度设计可应对各种各样的检测特征。
- 3、 采用特殊透镜聚光，抑制光扩散，减少光量损耗。

应用：

- 1、 大幅面印刷品表面缺陷检测、大幅面尺寸精密测量。
- 2、 PCB印制质量检测、键盘检测。
- 3、 烟盒形状与外观丝印检测、邮件包裹的分拣。
- 4、 冰箱、洗衣机等大型家电包装纸箱印刷字符检测。
- 5、 最理想的情况是同线扫描相机一起使用，可以达到高分辨率和高速度处理。线光源结合线阵工业相机一起使用，也非常适合高速大幅面和高精度检测的场景。

4.7 其他不同光源与照明技术效果举例

■ 红外线照明

读取果冻盖上的
生产日期



普通照明



红外线照明

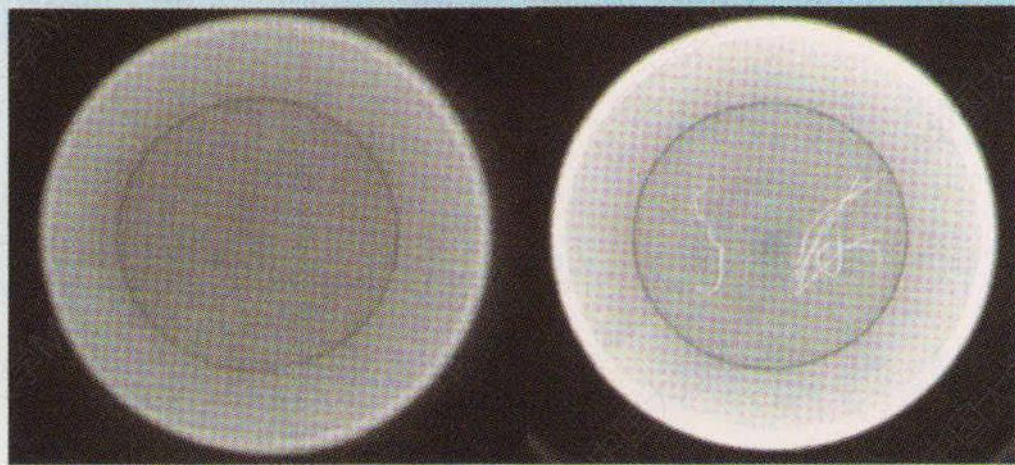
IR红外线光源



4.7 其他不同光源与照明技术效果举例

■ 紫外线照明

纸杯内的白线头



普通光源

UV 光源





4.8 光源总结

频闪光照明是将高频率的光脉冲照射到物体上，照像机拍摄要求与光源同步。

用于机器视觉中的LED光源可以分为两大类：正面和背面照明LED光源。

- 1) 正面照明LED光源用于检测物体表面特征；
- 2) 背面照明LED光源用于检测物体轮廓或透明物体的纯净度。

正面照明LED光源按照结构不同，又可分为环形光源、条形光源、同轴光源和方形光源。

目前，环形光源用得最多，包括直接照射环形光源、漫反射环形光源、Dome光源等。

- 1) 直接照射环形光源，适用于不反光物体的检测；
- 2) 漫反射环形光源，适用于反光物体的检测；
- 3) Dome穹顶光源也是漫反射光源的一种，但它是通过半球型的内壁多次反射，可以完全消除阴影。主要用于检测球型或曲面物体。

4.8 光源总结



频闪光源



无影光源



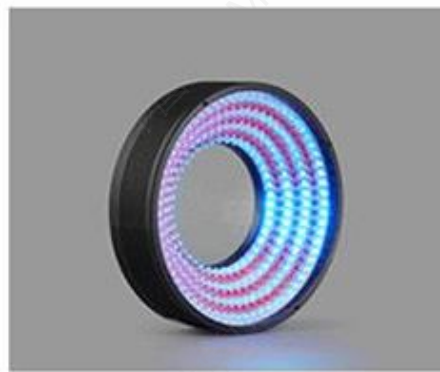
表面缺陷检测



点光源



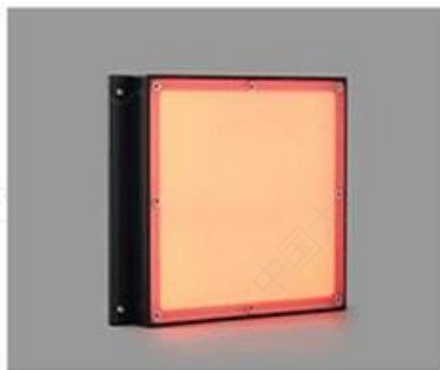
方形无影光源



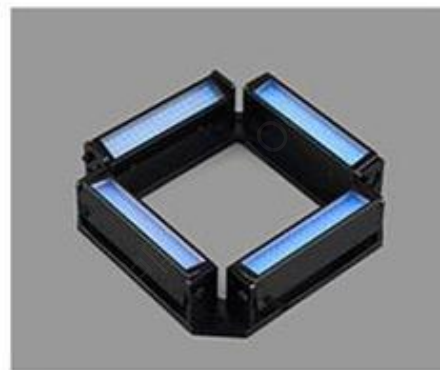
环形光源



开孔面光源



面光源



四面可调光源



隧道光源

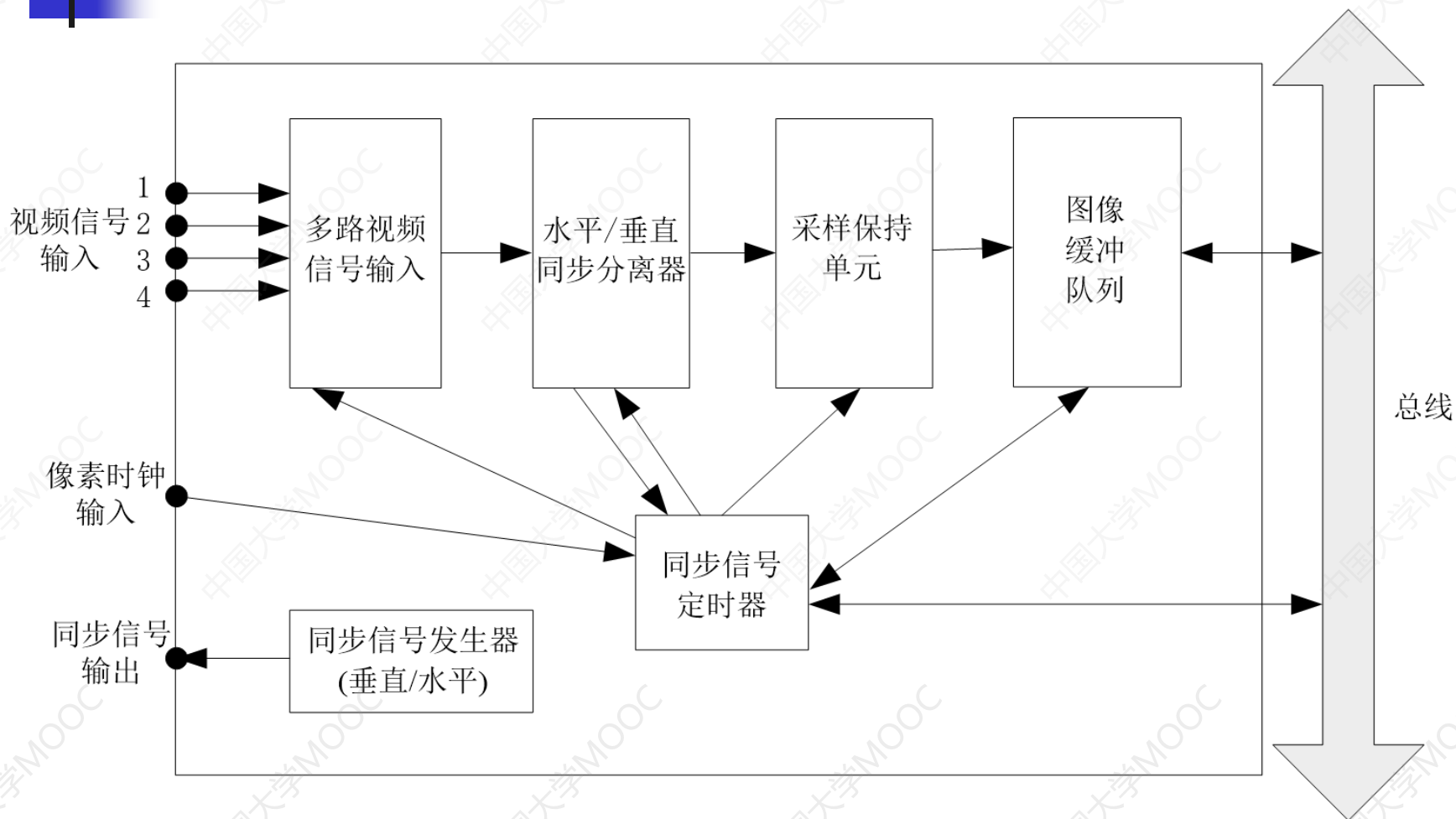


条形光源



线性光源

5 图像采集卡



5 图像采集卡



Camera-Link接口的图像采集卡