

# 一、镜头基本概念：





## 一、镜头基本概念：

- **视野 (FOV)：**  
图像采集设备所能够覆盖的范围，它可以是在监视器上可以见到的范围，也可以使设备所输出的数字图像所能覆盖的最大范围。
- **最大最小工作距离 (Work Distance)：**  
从物镜到被检测物体的距离的范围，小于最小工作距离大于最大工作距离系统均不能正确成像。
- **景深 (Depth Of Field)：**  
在某个调焦位置上，景深内的物体都可以清晰成像。

## 一、镜头基本概念：

- 畸变

几何畸变指的是由于镜头方面的原因导致的图像范围内不同位置上的放大率存在的差异。几何畸变主要包括径向畸变和切向畸变。如枕形或桶形失真

- 镜头接口：

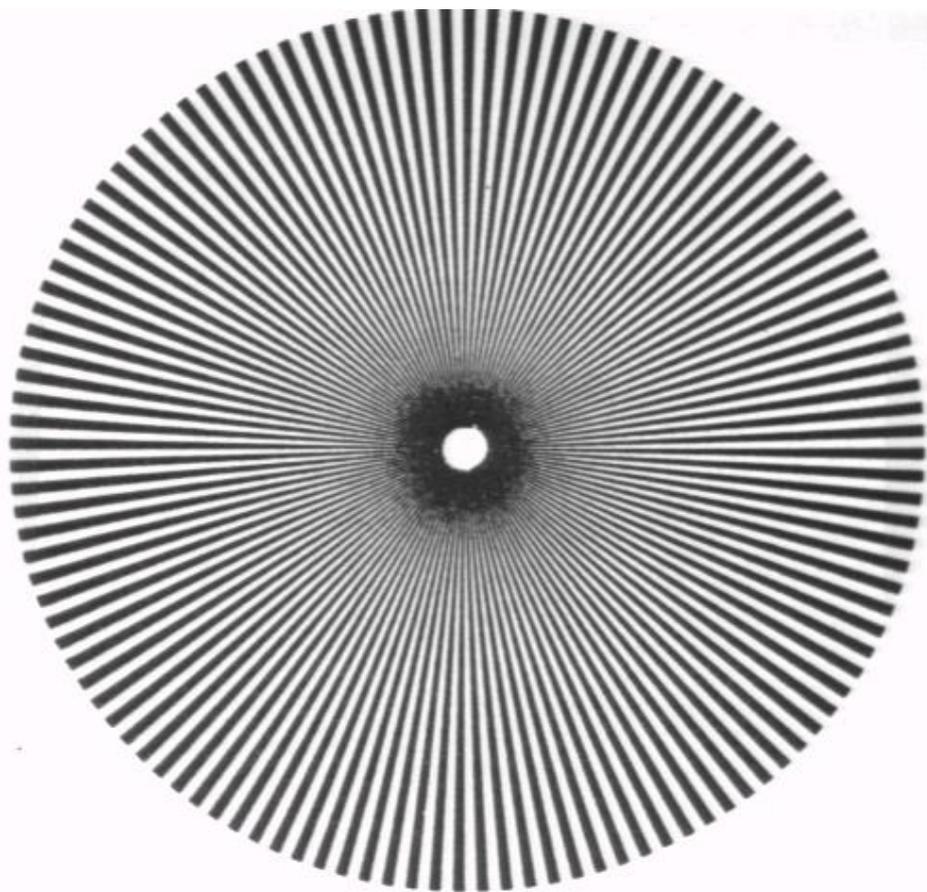
- **C-MOUNT** 镜头的标准接口之一，镜头的接口螺纹参数：公称直径：1inch；螺距：32牙
- **CS-Mount** 是C-Mount的一个变种，区别仅仅在于镜头定位面到图像传感器光敏面的距离的不同，C-Mount是17.5mm，CS-Mount是12.5mm。
- **C/CS**能够匹配的最大的图像传感器的尺寸不超过1“。

## 一、镜头基本概念：

- 成像面：  
镜头将外部真实世界清晰地成象平面。
- 光圈与**F**值：  
光圈是一个用来控制光线透过镜头，进入机身内感光面的光量的装置，它通常是在镜头内。表达光圈大小我们是用**f**值：**f1, f1.4, f2, f2.8, f4, f5.6, f8, f11, f16, f22, f32, f44, f64**
- 物方焦距调节：  
调节成象清晰度的装置
- 像方焦距：  
像方焦距是像方主面到像方焦点的距离。如：**50MM, 35MM, 16MM**等。

## 一、镜头基本概念：

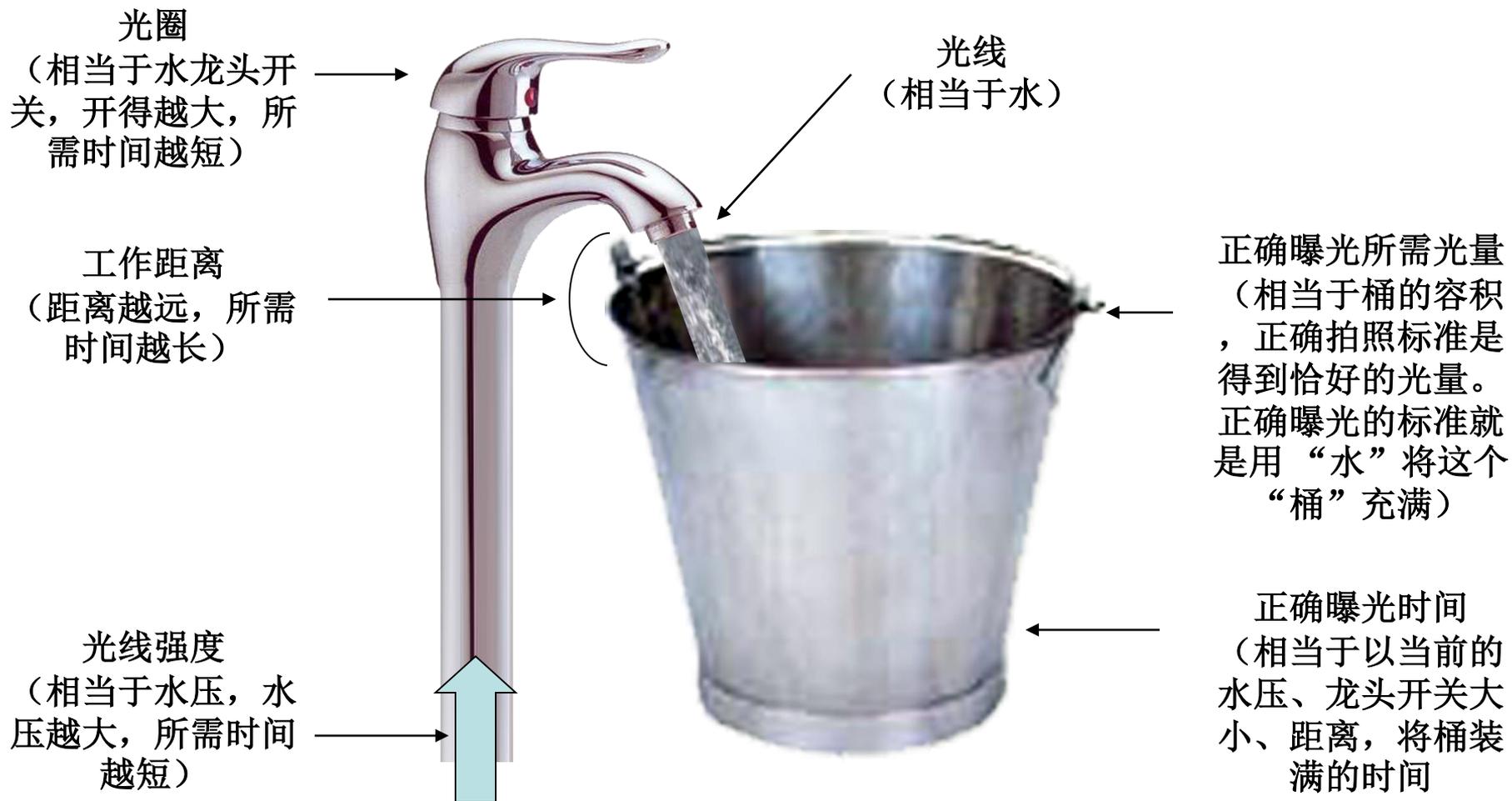
- 镜头分辨率：  
一毫米内镜头成像中所能分辨出的线的数目。如：  
**100线/MM**



## 二、镜头的分类：

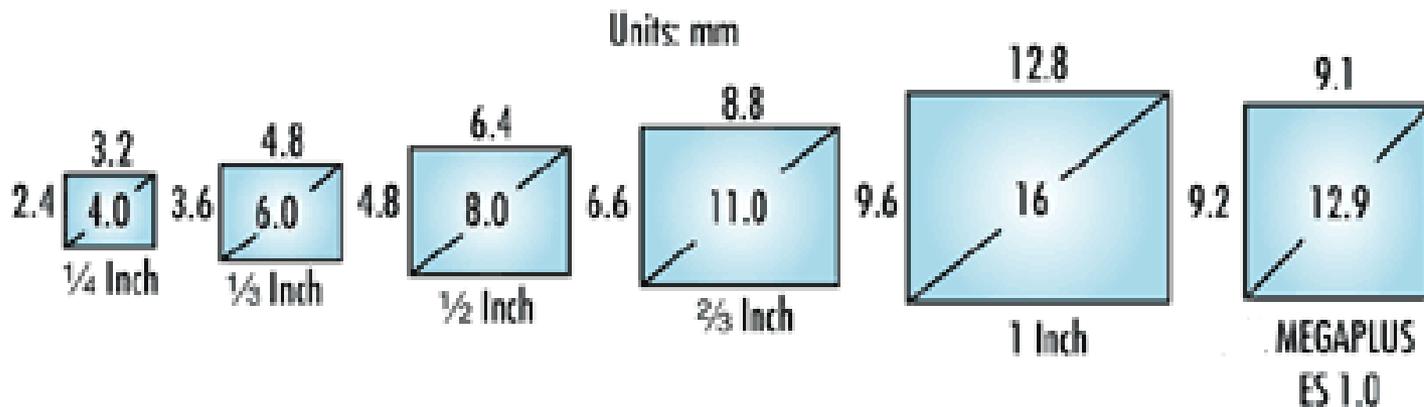
- 广角镜头
  - 像方焦距比标准焦距（50MM）短的镜头。如16MM镜头
  - 景深大、最小工作距离短、同样工作距离下视野大。
- 远距镜头
  - 像方焦距比标准焦距（50MM）长的镜头。如75MM镜头
  - 景深小、最小工作距离长、同样工作距离下视野小。
- 变焦镜头
  - 像方焦距可变的镜头。如35~70MM镜头
- 显微镜头
  - 物体成像与物体物理大小相对比率。如1：1、1：2镜头。
- 远心镜头
  - 无畸变镜头

### 三、镜头的成像原理及各参数间关系：



## 四、相机的基本概念：

- 传感器的尺寸：图像传感器感光区域的面积大小。这个尺寸直接决定了整个系统的物理放大率。如：1/3"、1/2"等。绝大多数模拟相机的传感器的长宽比例是4:3 (H:V)，数字相机的长宽比例则包括多种：1:1, 16:9, 3:2 etc.



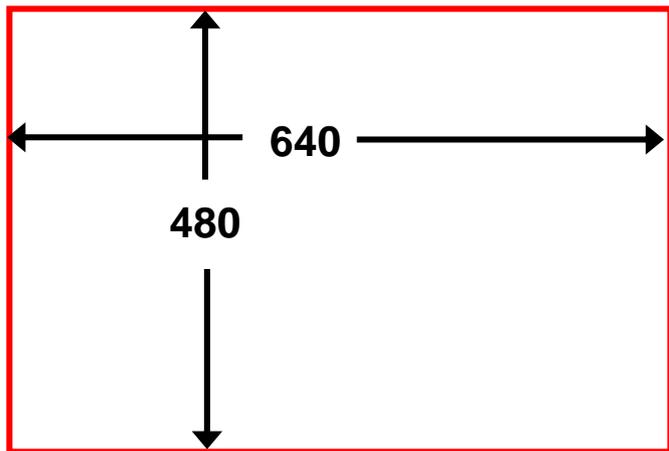
## 四、相机的基本概念：

- 物理放大率：传感器感光面积与视野的比值，整个参数基本取决于镜头。
- 系统放大率：最后显示环节上目标的尺寸与实际目标尺寸的比值。系统放大率取决于物理放大率和显示系统的阐述。对于自动测量和检测系统而言，物理放大率具有关键的意义。系统放大率仅仅对于需要人机交互进行检测的系统有意义
- 像素（Pixel）：传感器感光面上最小感光单位。

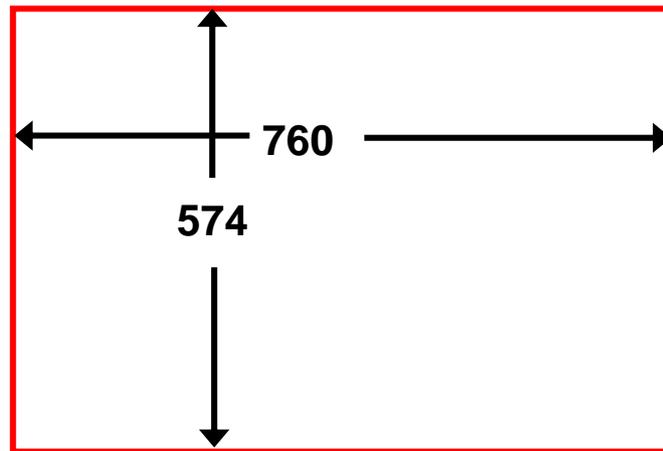
## 四、相机的基本概念：

- 分辨率(Resolution)：传感器感光面指的片点阵行与列的象素数量。相机的分辨率会直接影响到整个系统的测量精度。另外，一个相机的分辨率与它的价格是呈正比的。  
如：640\*480

美制 RS - 170 Norm



欧制 CCIR - Norm

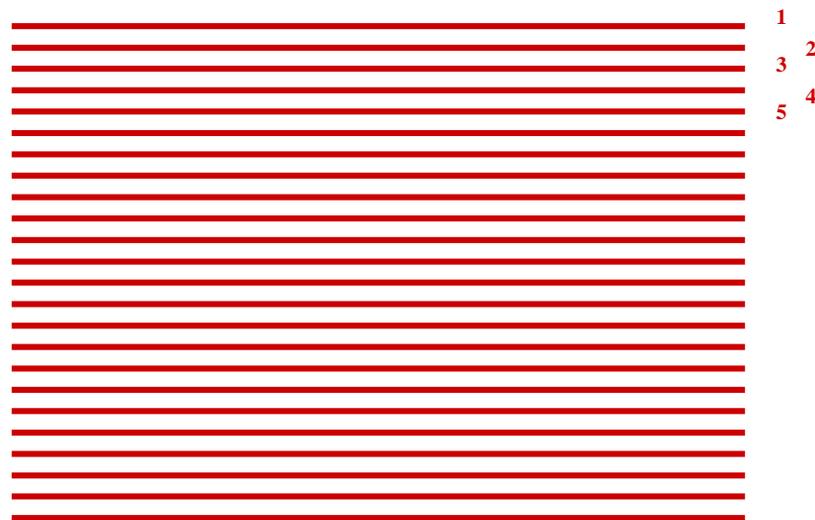
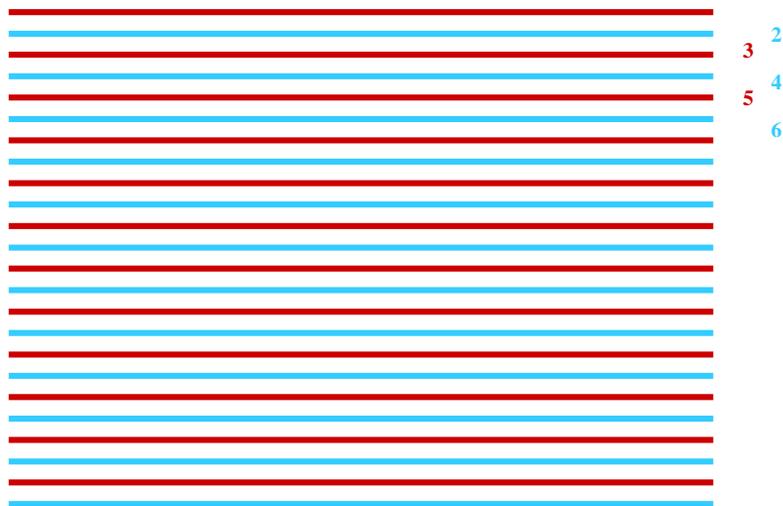


## 四、相机的基本概念：

- 象素孔径比 (Pixel Aperture)：指象素长与宽的比值。对于正方形的象素来说，其象素孔径比为1: 1。此参数，对于系统的标定有影响。
- 放大率 (Gain)：调节相机的放大率，可以加强CCD芯片中输出的信号。在灯源强度不够的情况下，可以对成像作出一定程度上的改善。如：1: 10或1: 20。
- 快门速度 (Shutter Speed)：CCD相机都是采用电子快门装置。

## 四、相机的基本概念：

- 相机扫描方式：
  - 隔行扫描（ Interlace ）
  - 逐行扫描（ **Non Interlace / Progressive scan** ）



## 四、相机的基本概念：

- 异步触发（Reset&Restart）：通常情况下相机是不间断地拍照的一一矢的放矢。当CCD相机处于异步触发方式时，相机并不是以固定时钟连续扫描和输出连续信号。而是在收到一个触发信号后，再开始扫描输出新的一帧信号。
- 最低照度：也称灵敏度，是CCD对环境光线的敏感程度，或者说是CCD正常成像时所需要的最暗光线。照度的单位是勒克斯（LUX），数值越小，表示需要的光线越少，摄像头也越灵敏。如普通型CCD：正常工作所需照度1~3LUX。
- 部分取像：指相机在取像时只读取整个感光面的一部分图象。

## 四、相机的基本概念：

- 信号格式

模拟图像信号的格式包括：复合视频信号，Y/C分离信号，RGB分量信号。绝大多数周边设备都能够兼容这些信号格式。通常情况下对于彩色视频信号，Y/C分离传输的方式优于复合视频传输的方式，RGB分量传输的方式又优于Y/C分离传输方式。

数字相机的信号传输格式更为复杂，目前普遍应用的包括：

- \*LVDS

- \*IEEE-1394(Fire Wire)

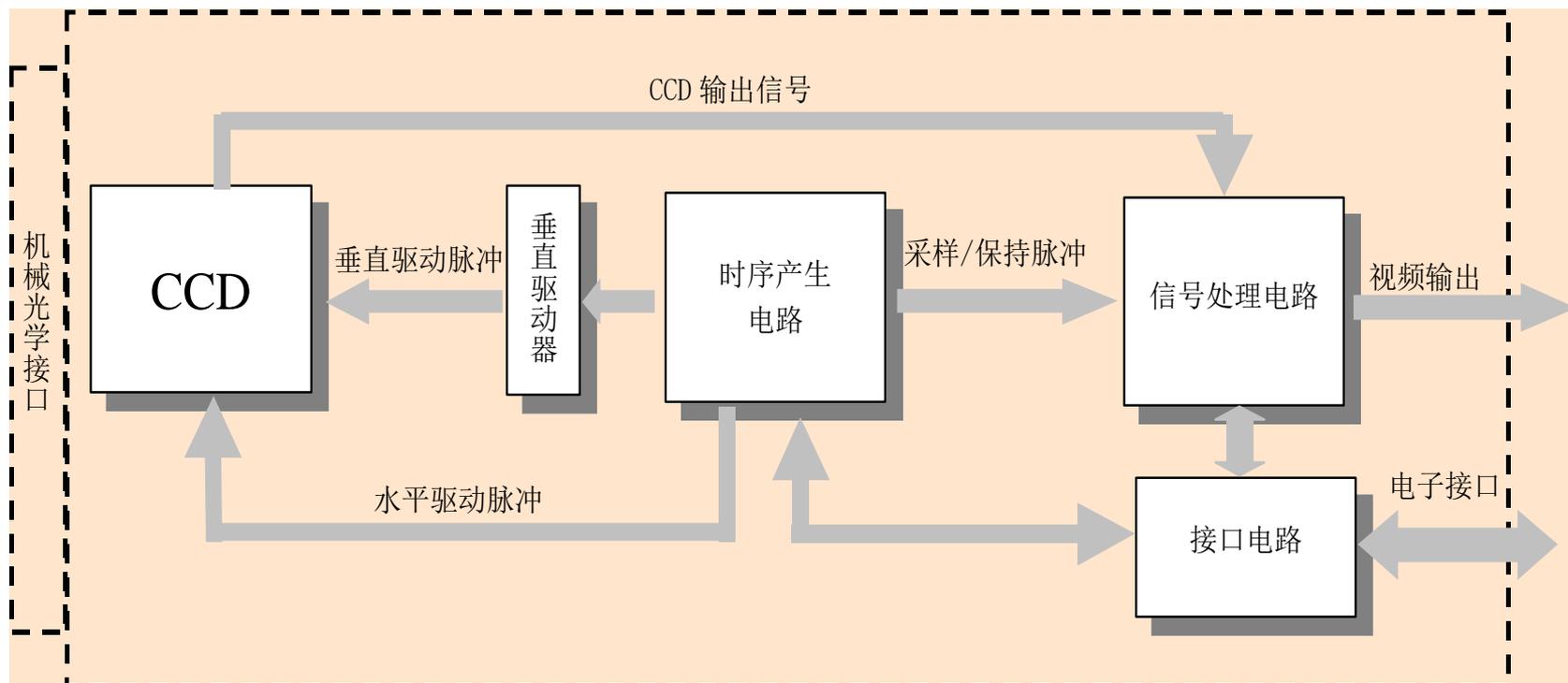
- \*USB2.0

- \*CameraLink

- \*Ethernet，包括传输未经压缩影像的千兆协议和传输经过压缩影像的百兆协议。

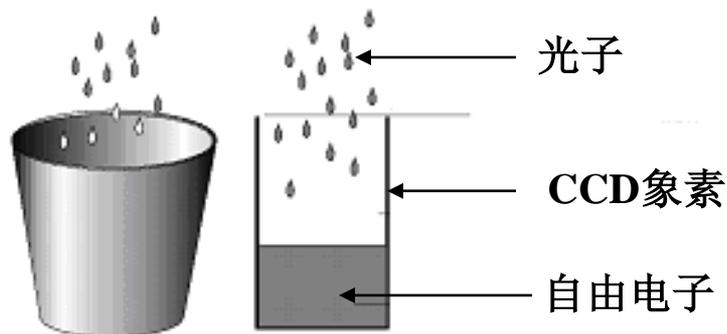
上述数字相机的传输方式无论是在机械上还是在电气上都是不兼容的。

## 五、相机的基本结构：

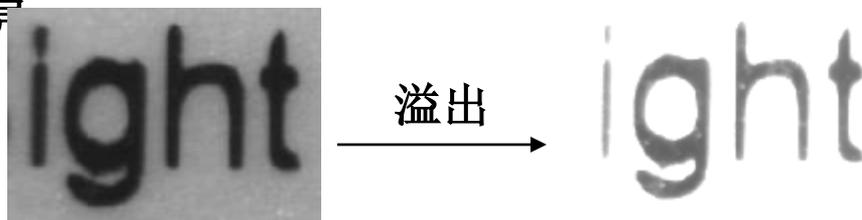


## 六、相机基本成像原理：

- CCD的电荷存储器，能够存储一定量的电子。将电子释放出来之后所形成的电流，便可以量化地代表感光面上某点的明暗信息。



**CCD成象的“溢出”问题：**当**CCD象素**接收到过多的光子，存储器中所收集的自由电子就会向周边的象素“溢出”。致使整个区域成象变亮



## 六、相机基本成像原理：

- 隔行扫描工作原理：CCD芯片感光完成后。相机便从CCD芯片的左上角开始逐点扫描：从第一行第一个像素中取出电压，再扫描第二个像素，累积了第二个像素中的电压后，开始扫描第三个。以此类推，将第一行所有像素全部扫描过之后，便将整行像素的电压传输至缓冲区。接下来开始扫描CCD芯片的第三行。CCD相机的扫描过程，是先扫描奇数行，将所有奇数行像素的信号逐行存入缓冲区。到此第一个扫描场扫描过程结束；之后再开始扫描全部的偶数行，并同样逐行将偶数行信号存入缓冲区。完成了第二个扫描场的扫描。完成以上两次（奇数行扫描场及偶数行扫描场）扫描，我们称相机完成了一帧扫描。而这样的扫描方式叫作：隔行扫描。

## 七、相机分类

- 图象传感器：
  - CCD相机：使用CCD式感光芯片为图象传感器的相机
  - CMOS相机：使用CMOS式感光芯片为图象传感器的相机
  - CMOS相机工艺简单、成本低廉、低功耗、系统整合性好、区域读取图象灵活。但由于目前生产工艺上的差距，CMOS在除噪及灵敏度方面仍逊于CCD 相机
- 图象颜色：
  - 单色相机：输出图象为单色图象的相机。
  - 彩色相机：输出图象为彩色图象的相机。
  - 由于使用滤片使得彩色相机的灵敏度远低于单色相机。同时由于彩色相机中的象素只“存放”一种色光的灰度值，因此彩色相机的分辨率也远远不及单色相机。

## 七、相机分类

- 传感器格式：
  - 面扫描相机：CCD感光芯片上的点阵呈面状分布的相机，其所成图象为二维“面”图象。
  - 线扫描相机：CCD感光芯片上的点阵呈线状（一行或两行）分布的相机，其所成图象为一维“线”图象。
  - 与面扫描相机一次成象相比，线扫描相机需要多次成象后，将所成的“线”象拼成一幅完整的图象。因此，线扫描相机更多地被用于分辨率要求极高的项目里。同时还需要大口径镜头、强亮度 光源以及大光圈，以适应其非常高的成象速度。

## 七、相机分类

- 输出信号：
  - 模拟信号相机：从传感器中传出的信号，被转换成模拟电压信号，即普通视频信号，后再传到图象采集卡中。
  - 数字信号相机：信号自传感器中的象素输出后，在相机内部直接数字化并输出。
  - 工业级相机中，模拟信号相机的成本一般上低于数字信号相机。但是在除噪、速度方面则比数字信号相机差。由于是数字信号直接传输到计算机中，因此所得到的由数字信号相机拍出的图象，更加“逼真”。而且，数字信号相机在分辨率及万象速度方面有更多选择。CameraLink和Firewire是数字信号相机最常见的传输标准。

## 九、板卡硬件的基本概念

- 图像采集卡 (Frame Grabber)
  - 图像采集卡是图像采集部分和图像处理部分的接口。图像经过采样、量化以后转换为数字图像并输入、存储到帧存储器的过程，叫做采集、数字化
- A/D转换
  - 视频量化处理是指将相机所输出的模拟视频信号转换为PC所能识别的数字信号的过程，即A/D转换。视频信号的量化处理是图像采集处理的重要组成部分。

A/D转换过程



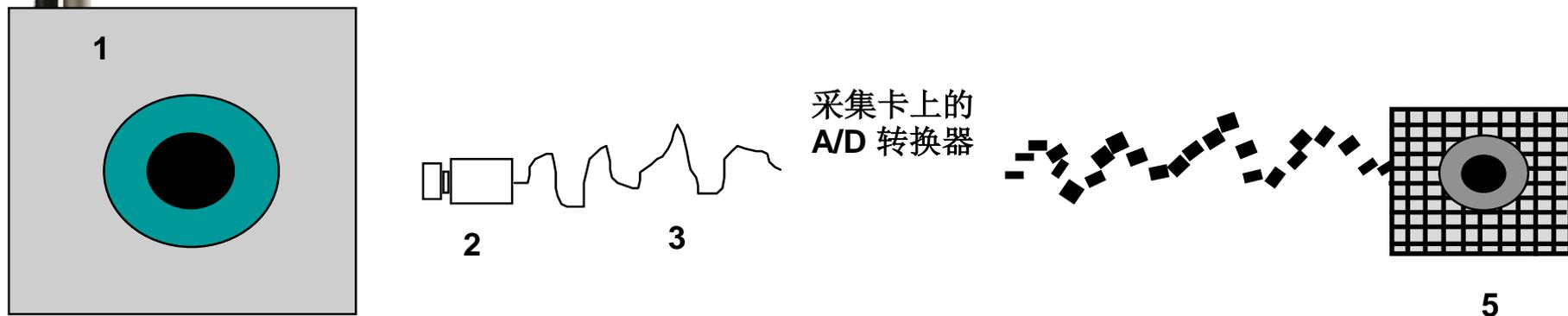
## 九、板卡硬件的基本概念

- A/D转换器
  - A/D转换器是实现模拟量转换成数字量的电子器件。A/D转换器的主要特性为分辨力、转换时间及转换精度。
  - 分辨力：A/D转换器的量化单位与满量程电压之比。A/D转换器的分辨能力愈高，其量化误差就愈小。
- 图像传输格式
  - 图像采集卡需要支持系统中摄像机所采用的输出信号格式。大多数摄像机采用RS422或EIA644（LVDS）作为输出信号格式。在数字相机中，IEEE1394，USB2.0和CameraLink几种图像传输形式则得到了广泛应用
- 图像格式（像素格式）
  - 黑白图像：通常情况下，图像灰度等级可分为256级，即以8位表示。在对图像灰度有更精确要求时，可用10位，12位等来表示。
  - 彩色图像：彩色图像可由RGB（YUV）3种色彩组合而成，根据其亮度级别的不同有8—8—8，10—10—10等格式。

## 九、板卡硬件的基本概念

- 传输通道数（Channel）
  - 采集卡同时对多个相机进行A/D轮换的能力。如：2道、4道。
- 分辨率
  - 采集卡能支持的最大点阵反映了其分辨率的性能。即，其所支持的相机最大分辨率。
- 采样频率
  - 采样频率反映了采集卡处理图像的速度和能力。在进行高速图像采集时，需要注意采集卡的采样频率是否满足要求。
- 传输速率
  - 指图象由采集卡到达内存的速度。主流图像采集卡与主板间都采用PCI接口，其理论传输速度为132MB/S。

## 十一、视觉系统成象原理



- 视野 (FOV) 或现场是相机及光学系统“看”到的真实世界的具体部分。
- CCD芯片将光能转化为电能。
- 相机将此信息以模拟信号的格式输出至图象采集卡。
- AD - 转换器将模拟信号转换成 8 位 (或多位) 的数字信号。每个象素独立地把光强以灰度值 (*Gray level*) 的形式表达。
- 这些光强值从CCD芯片的矩阵中被存储在内存的矩阵数据结构中。

## 十一、视觉系统成象原理

- 灰度值 (Gray Level) —— 象素光强弱信息的表示
  - 灰度值为真实世界图象量化的表现方法。通常灰度值从最黑到最白为0 ~ 255。
  - 光线进入CCD象素，如果光强达到CCD感应的极限，此象素为纯白色。对应于内存中该象素灰度值为255。
  - 如果完全没有光线进入CCD象素，此象素为纯黑色。对应于内存中该象素灰度值为0。

## 一、光源简述：

- 机器视觉系统工作的基本程序：
  - 取像 =》 分析 =》 结果输出
- 光源：为确保视觉系统正常取像获得足够光信息而提供照明的装置
- 光源的目的
  - 是将待测区域与背景明显区分开
  - 将运动目标“凝固”在图象上
  - 增强待测目标边缘清晰度
  - 消除阴影
  - 抵消噪光
- 光源是一个视觉应用开始工作的第一步
- 适合的光源可以提高系统检测精度、运行速度及工作效率

## 二、光源分类：

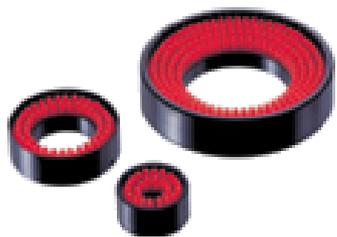
- 荧光灯



- 卤素灯+光纤导管



- LED光源

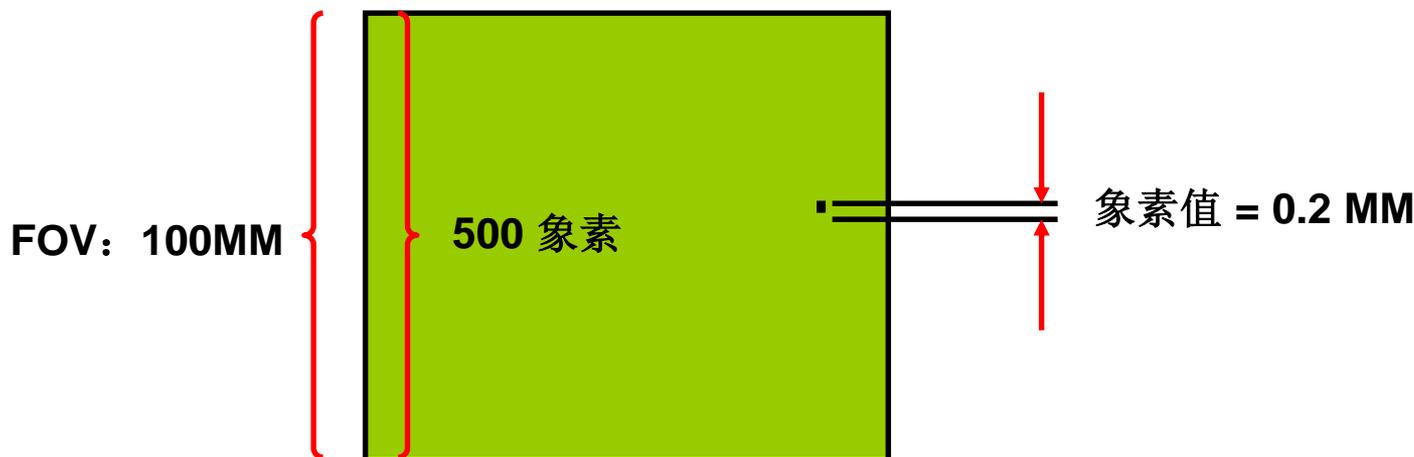


- 其他（激光、紫外光等）



### 三、获得完美图象的6大要素#1：高系统精度

- 系统精度 (System accuracy)
  - X方向系统精度 (X方向象素值) = 视野范围 (X方向)  $\div$  CCD芯片象素数量 (X方向)
  - Y方向系统精度 (Y方向象素值) = 视野范围 (Y方向)  $\div$  CCD芯片象素数量 (Y方向)
  - 该指标取决于，相机分辨率及视野 (FOV)



### 三、获得完美图象的6大要素#1：高系统精度

- 视野（FOV）：
  - 让视觉系统“关心”的部分尽可能“充满”视野。通俗来说，FOV越小越“好”。
  - 相机分辨率相同视野越小系统精度越高
  - 视野相同相机分辨率越高系统精度越高

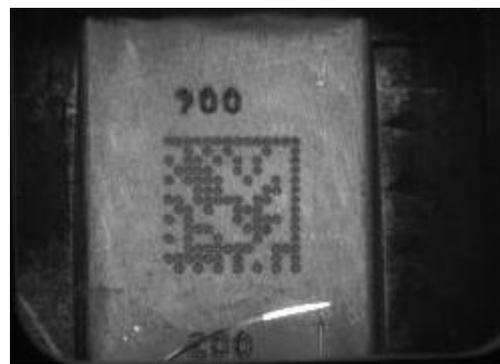
不适合的视野



调整

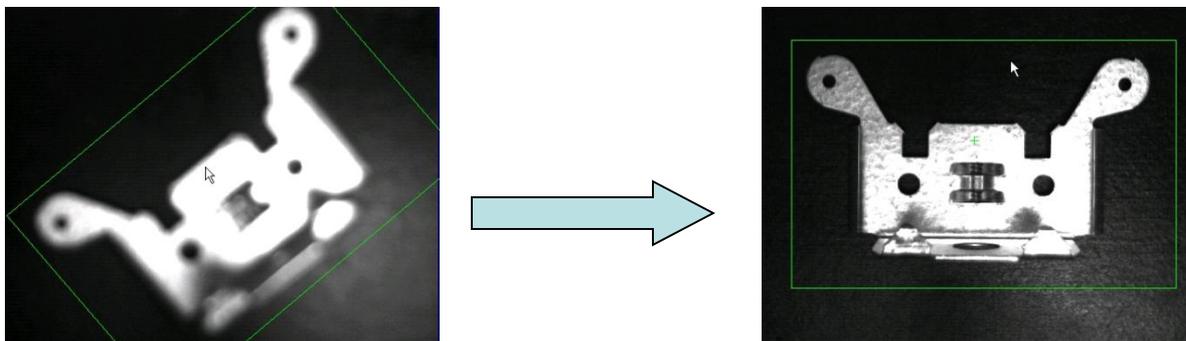


适合的视野



### 三、获得完美图象的6大要素#2：清晰成象

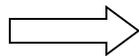
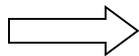
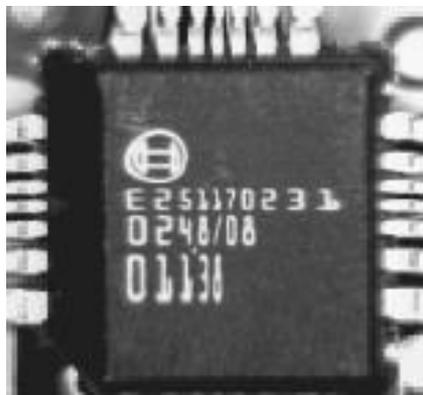
- 确定图象中所要检测的部分处于清晰的焦距之内
- 当图象中检测部分不处于同一焦平面时，需要考虑镜头的景深
- 注意：每一款镜头都有固定的“最短焦距”
- 注意：每一款镜头相对于固定的光圈，都有自己固定的景深
- 注意：缩小光圈可以加大景深。同时为保证正确曝光需要提高光强
- 注意：小光圈拍照，可以使图象获得更多“细节”，图象效果更好



### 三、获得完美图象的6大要素#3：避免畸变

- 在定位及高精度测量的系统中，镜头畸变的影响尤其重要

真实世界

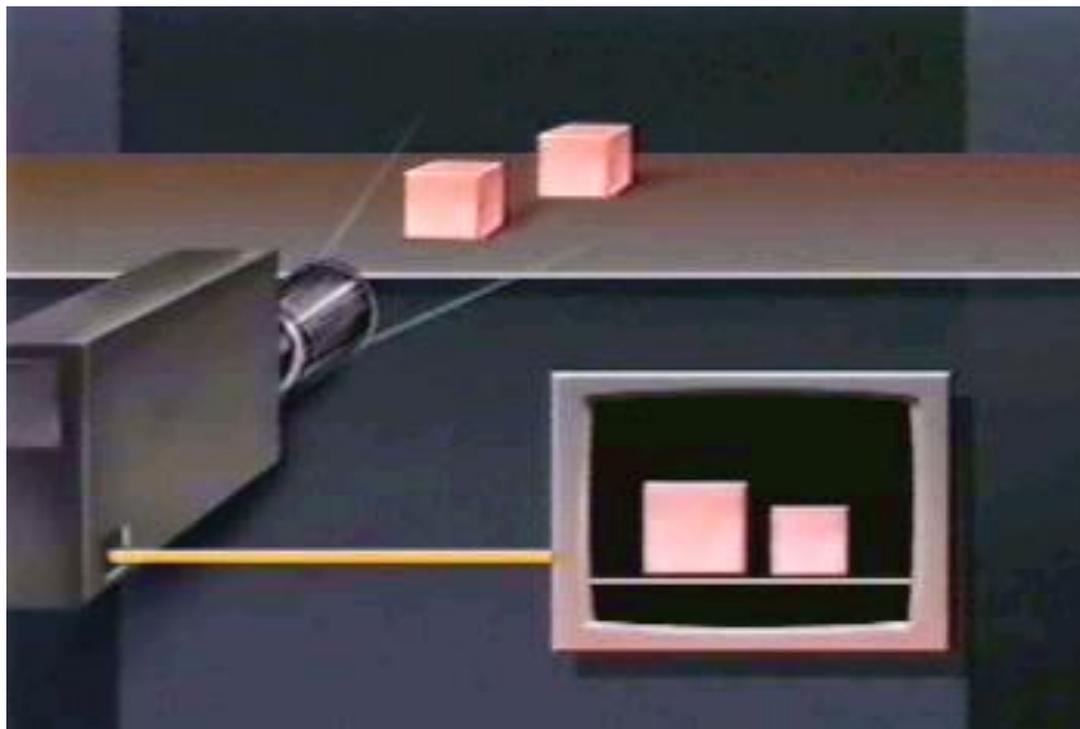


镜头畸变产生的图象



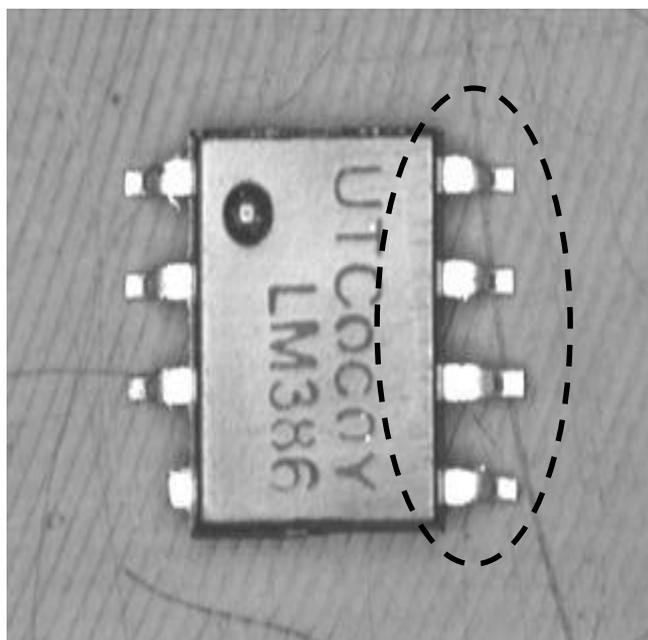
### 三、获得完美图象的6大要素#4：保持待测物体在成象中大小一致

- 在定位及识别系统中，这一点尤为重要

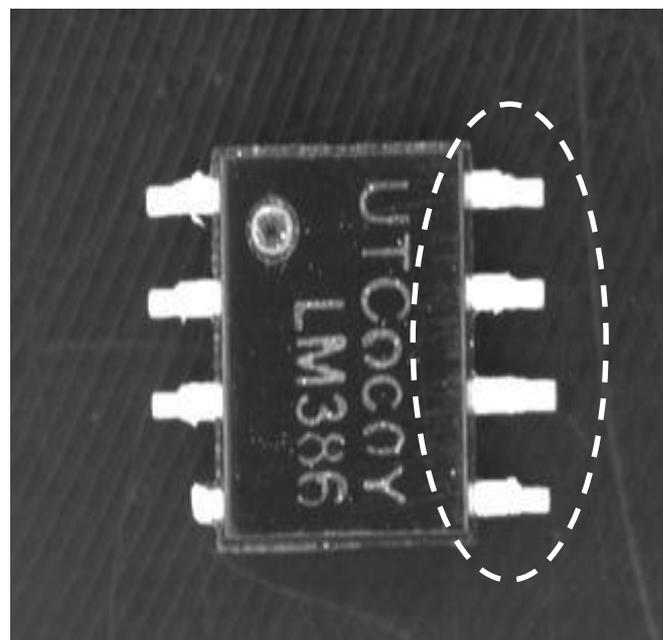
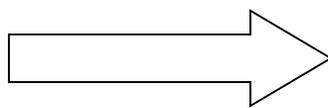


### 三、获得完美图象的6大要素#5：图象中待测部分反差最大化

- 对于一个视觉系统来说，“黑白分明”的图象才是好图象



待测部分





### 三、获得完美图象的6大要素#6：恰当的照明与曝光

- 避免阴影
  - 如果图象中待测区域处于阴影之下，图象将不能提供足够的反差，这将严重影响系统检测的精度
- 避免过亮
  - 如果照明过亮，区域内亮部的光线会反射进暗部的区域，造成暗部区域内的细节损失
  - 如果曝光过度，会产生CCD“溢出”现象
- 避免光线变化
  - 如果照明系统发生明暗变化，会造成图象明暗变化。这将直接影响系统运行的稳定性
- 避免外界影响
  - 注意系统周围环境的影响，如生产线上的照明系统、室外阳光等等
  - 可移动的人或物会遮挡系统照明

### 三、获得完美图象的6大要素：

- 小结#1：获得完美图象的6大要素及控制因素
  - 高系统精度。控制因素：视野、相机分辨率。
  - 清晰成象。控制因素：镜头、灯源
  - 避免畸变。控制因素：镜头
  - 保持待测物体在成象中大小一致。控制因素：视野、拍照角度、待测物位置
    - » 反差最大化。控制因素：灯源、镜头
  - 恰当的照明与曝光。控制因素：灯源、镜头
- 小结#2：如何获得完美图象
  - 选择适合的灯源、镜头、相机
  - 学会如何使用、控制灯源、镜头、相机

## 四、如何选择镜头#1：技术因素

- 镜头与相机匹配
  - 镜头接口是否为工业标准接口，**C/CS**接口
  - 镜头成象面是否 $\geq$ 相机**CCD**尺寸。若相机**CCD**为1/2“，而镜头为1/3”，则该镜头与相机不匹配
- 系统工作空间
  - 镜头最短焦距是否适合系统工作空间
  - 注意镜头焦距与最短焦距间的关系
- 系统精度
  - 获取最佳视野
  - 镜头畸变对系统精度的影响
  - 镜头分辨率对系统精度的影响
- 纵深成象
  - 待测物纵深方向的成象是否在镜头景深范围之内
- 其他
  - 超大、超小物体检测

## 四、如何选择镜头2：常见镜头

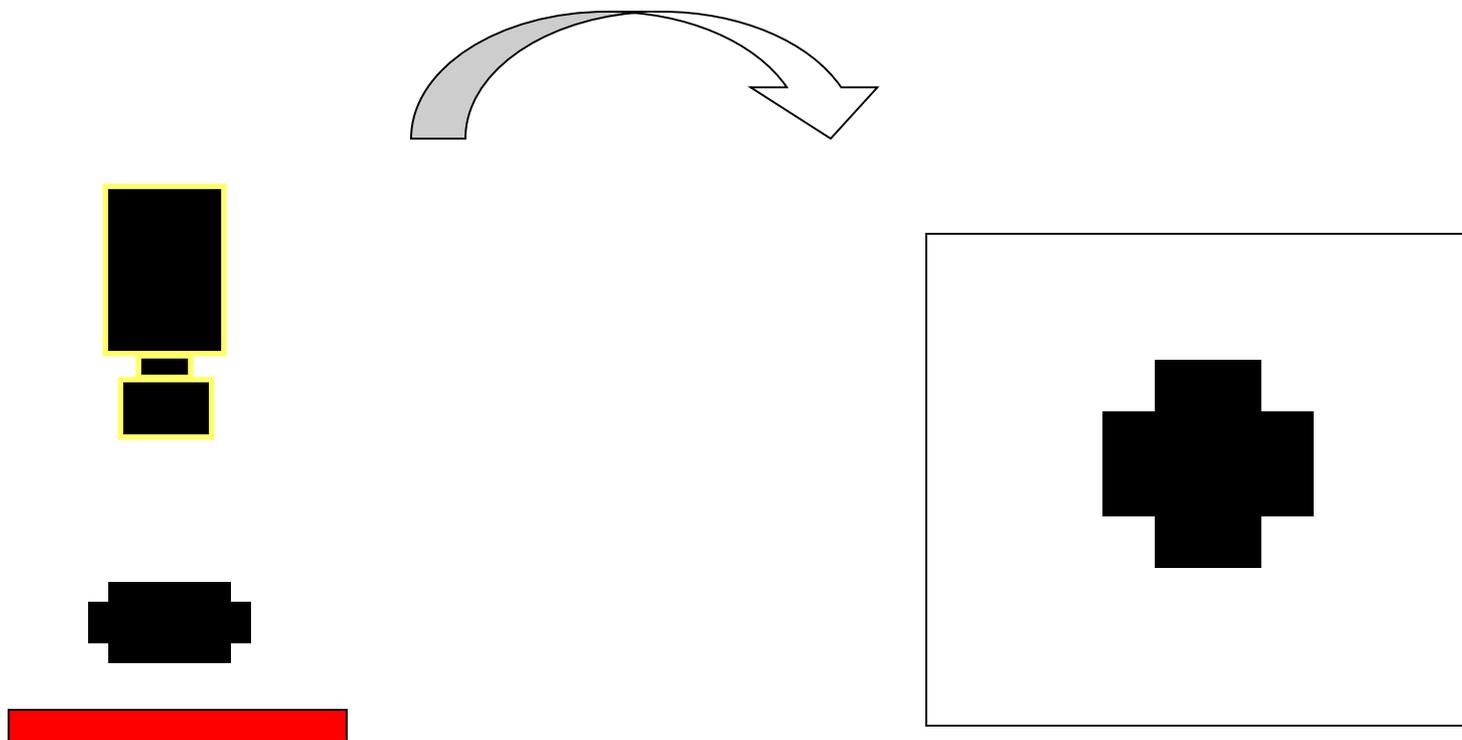
- CCTV镜头
- 专业摄影镜头
- 远心镜头



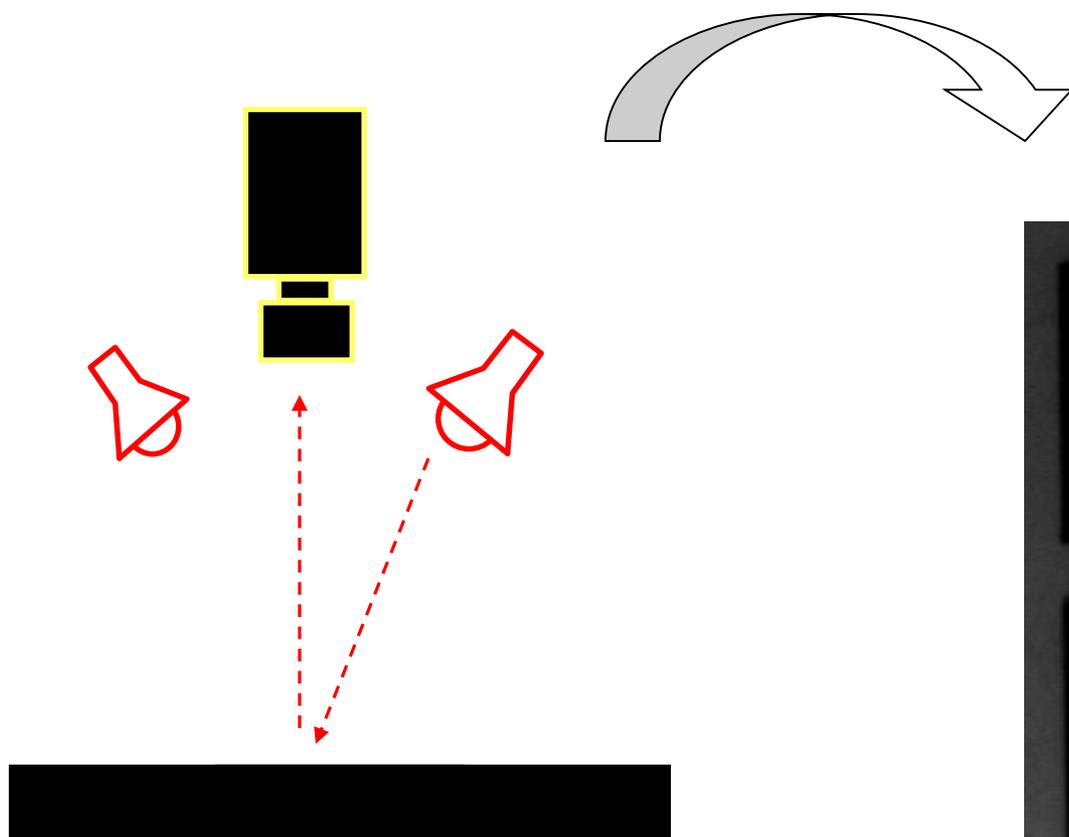
### 四、如何选择镜头3：常见镜头对比

	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 25MM/75MM/50MM	广泛 25MM/75MM/50MM	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

## 五、如何选择光源#1：背光——测量系统的最佳选择



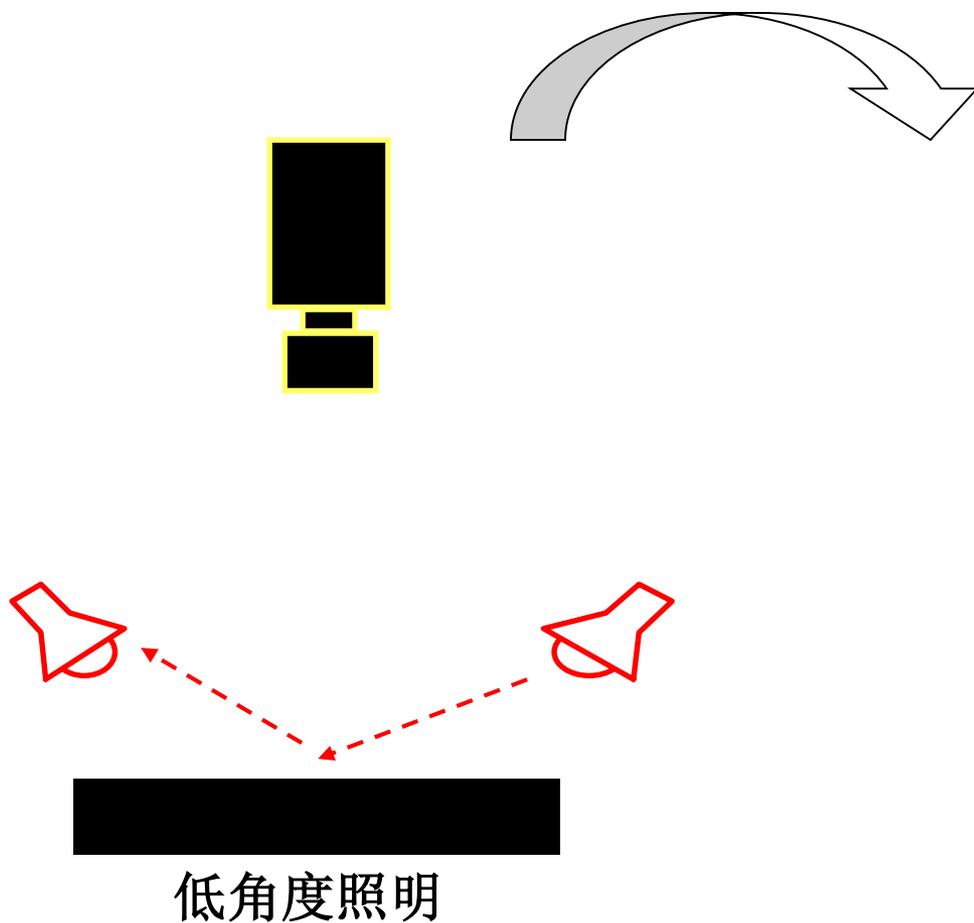
## 五、如何选择光源#2：亮场——最直接的照明



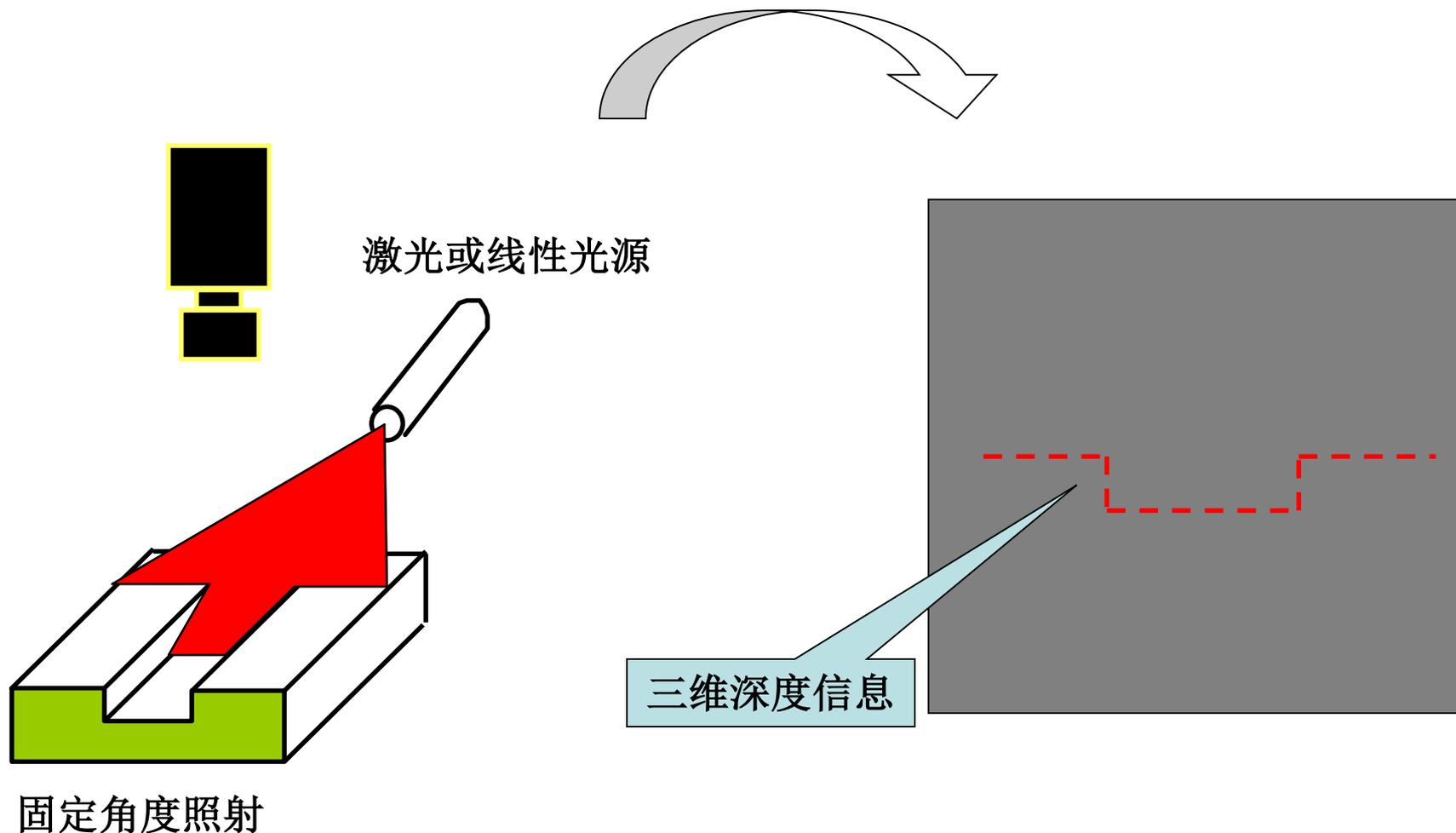
高角度照明



## 五、如何选择光源#3：暗场——适合光滑表面的照明

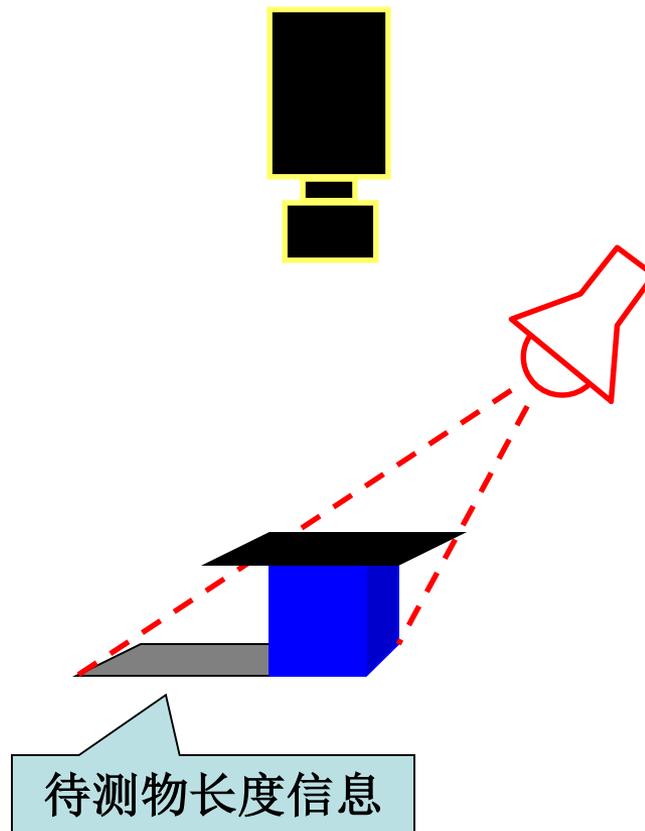
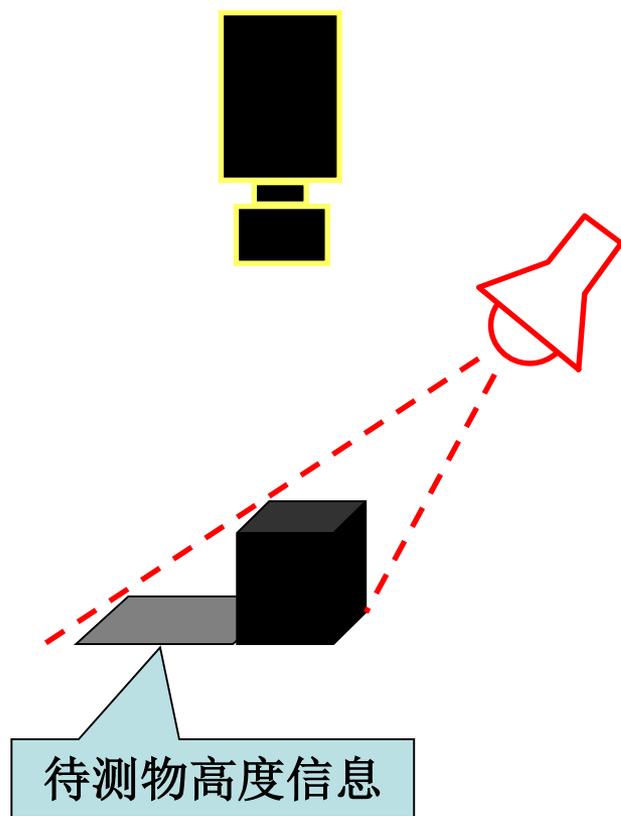


## 五、如何选择光源#4：结构光法——最简便的三维测量

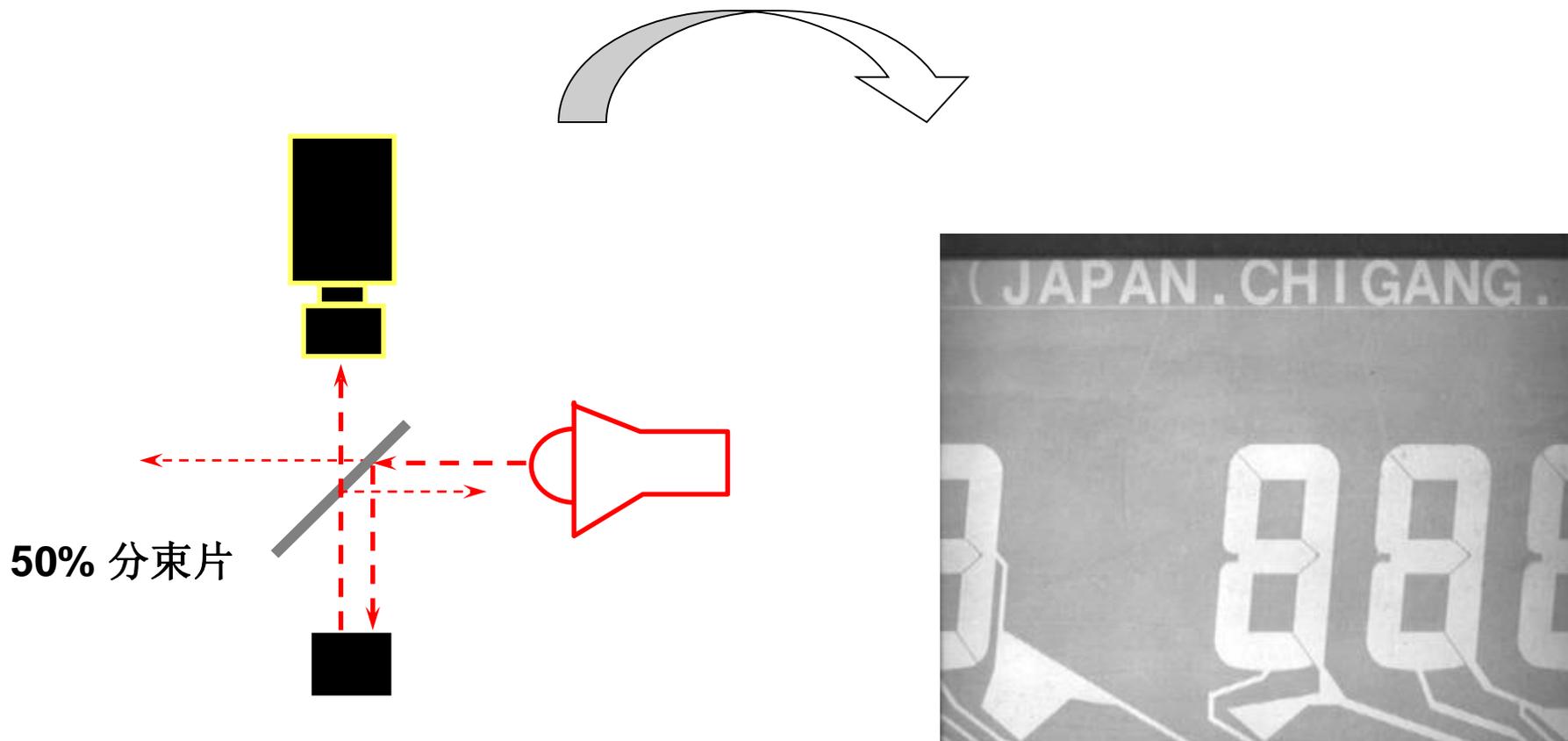




## 五、如何选择光源#5：影子的利用——最不直接的测量



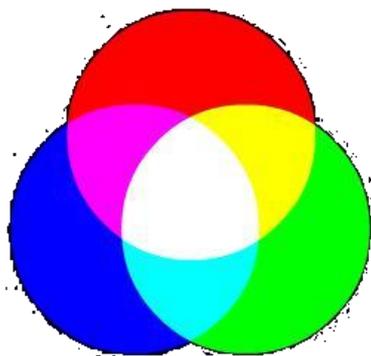
## 五、如何选择光源#6：同轴光——昂贵的灯源



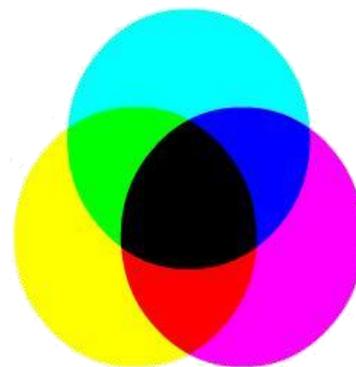
## 五、如何选择光源#7：彩色的考虑

- 三原色。光的三原色：红、绿、蓝；色彩三原色：青、紫、黄
  - 世界上所有颜色都是由三原色按不同比例组合而成
  - 三原色的色光叠加为白光。如：日光
  - 三原色的色彩叠加为黑色
  - 红、绿、蓝三色为互补色。光照在物体上，物体只反射与自身颜色相同的色光；不同色光照在互补色物体上完全不反光。如：红光照红色物体，黑白相机成像物体为白色；红光照绿色物体，黑白相机成像物体为黑色

光的三原色



色彩三原色



## 五、如何选择光源#7：彩色的考虑



## 五、如何选择光源#8：常用灯源分析

	荧光灯	卤素灯+光纤导管	LED灯源
价格	低	高	中
亮度	低	高	中
稳定性	低	中	高
闪光装置	无	无	有
使用寿命	中	低	高
光线均匀度	高	中	低
多色光	无	无	有
复杂设计	低	中	高
温度影响	中	低	高

## 六、如何选择相机1

- 系统精度要求与相机分辨率：
  - 相机分辨率（X方向） = 最佳视野范围（X方向） ÷ 理论像素值（X方向）
  - 相机分辨率（Y方向） = 最佳视野范围（Y方向） ÷ 理论像素值（Y方向）
  - 理论像素值的得出，要由系统精度及亚像素综合考虑
- 系统速度要求与相机成像速度：
  - 系统单次运行速度 = 系统成像速度 + 系统检测速度
  - 异步触发
  - 快门速度

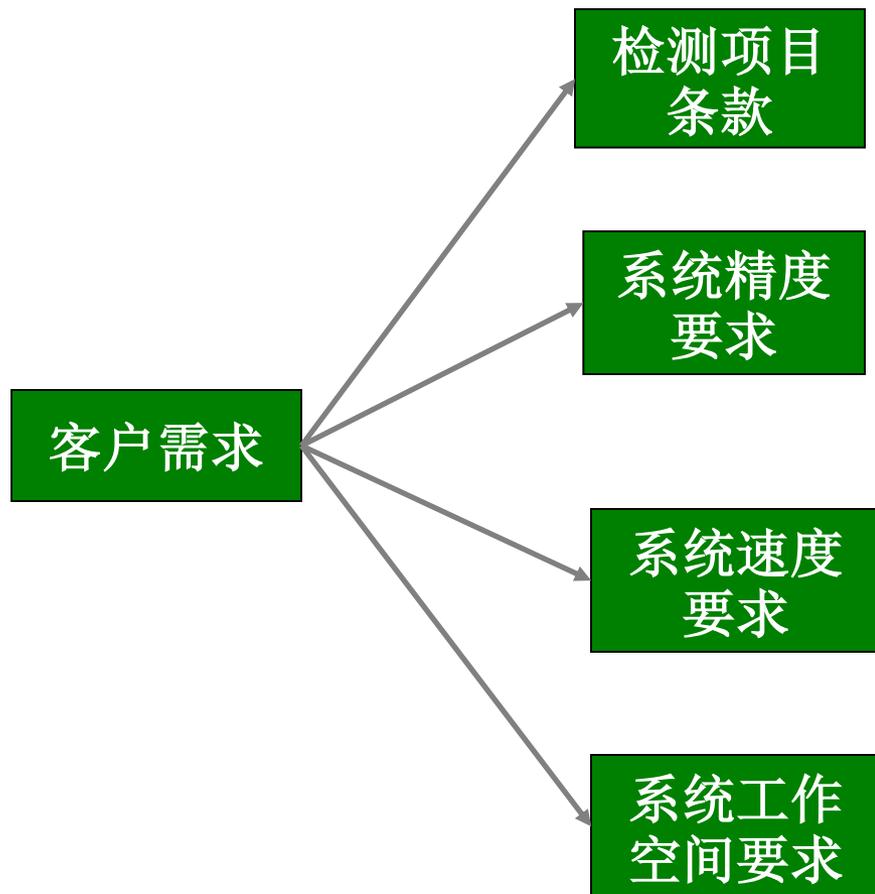
## 六、如何选择相机2

- 与视觉板卡相匹配：
  - 视频信号的匹配。对于模拟信号相机来说，有两种格式，CCIR/RS170。通常采集卡都同时支持这两种相机。
  - 分辨率的匹配。每款板卡都只支持某一分辨率范围内的相机。
  - 特殊功能的匹配。如要使用相机的特殊功能，先确定所用板卡支持此功能。
  - 接口的匹配。确定相机与板卡的接口相匹配。如CAMERALINK，FIREWIRE1394等。
- 其他：
  - 动态成象
  - 色彩检测
  - 超大目标检测
  - 数字相机

## 六、如何选择相机3

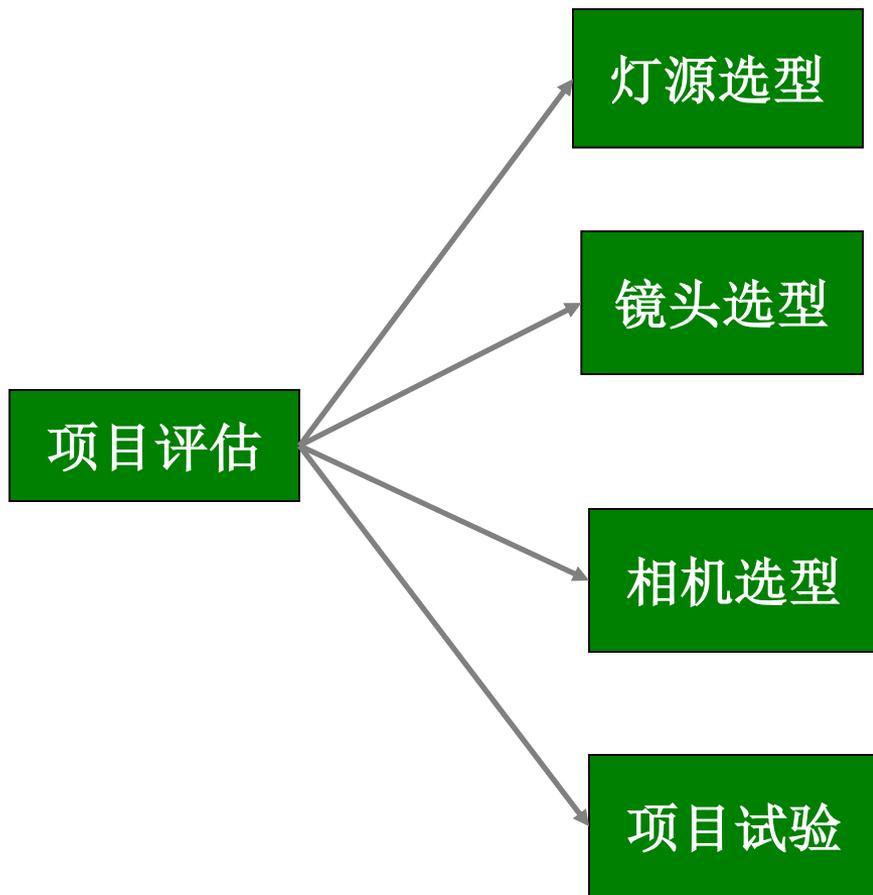
- 亚像素 (Sub Pixel) 的概念
  - 亚像素：图象分析软件，可以使系统检测精度达到像素单位以下。如：**1/2**像素
  - 亚像素对系统精度的影响
  - 亚像素在相机选型中的应用
    - 测量（边缘寻找算法）
    - 定位（模版匹配算法）
    - 瑕疵（斑点分析）

## 八、项目评估的基本步骤1



- ❑ 检测项目条款
  - 条款名称及详细说明
- ❑ 系统精度要求
  - 详细记录每项条款的精度要求
- ❑ 系统速度要求
  - 清楚了解整个系统的速度要求
  - 对于设备制造商，还需要了解整个设备的工作流程
- ❑ 系统工作空间要求
  - 初步了解视觉系统允许的工作空间

## 八、项目评估的基本步骤2



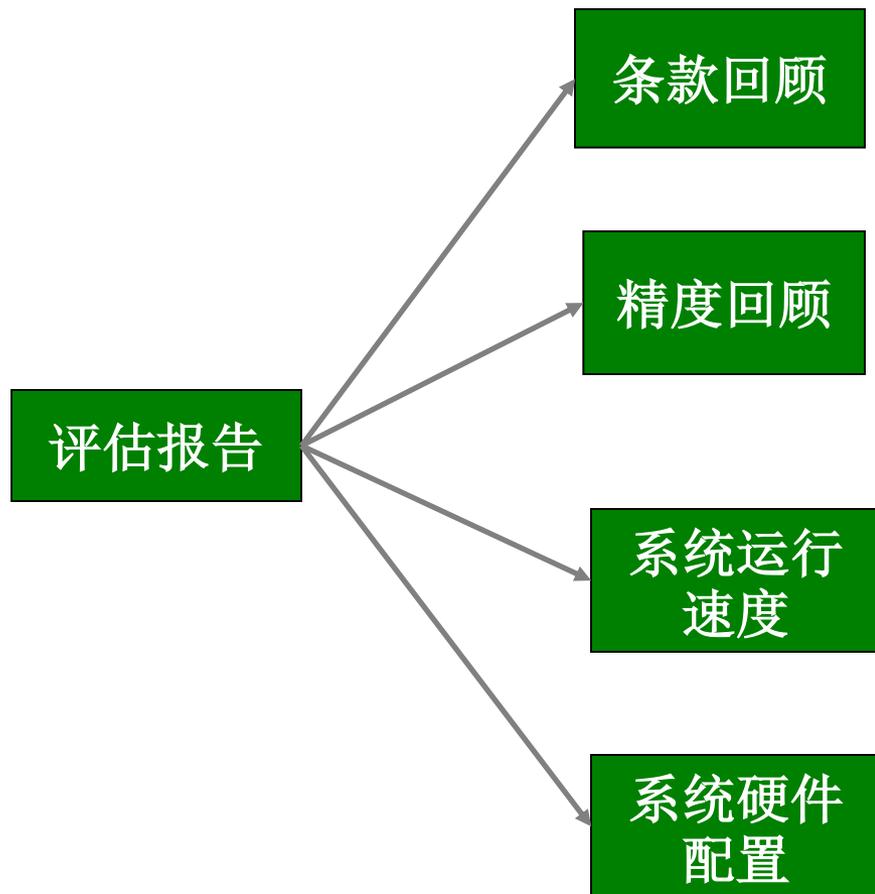
- ❑ 光源选型
  - 根据项目的检测条款，选用适合的灯源

- ❑ 镜头的选型
  - 系统精度要求
  - 系统工作空间要求

- ❑ 相机选型
  - 系统精度要求
  - 系统速度要求

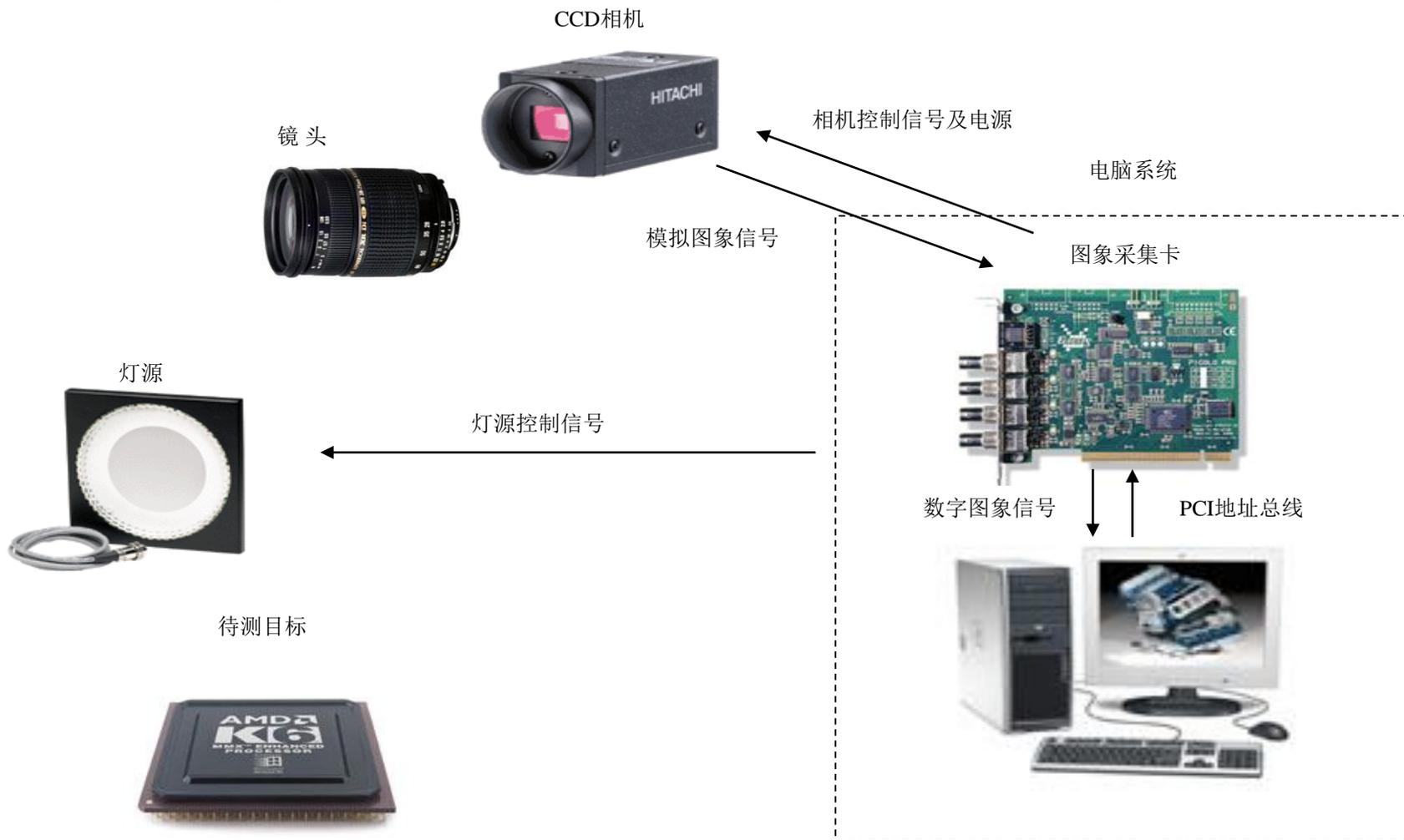
- ❑ 项目试验
  - 系统搭建，光源、镜头、相机
  - 建立检测程序原型
  - 记录试验结果，精度、检测时间

## 八、项目评估的基本步骤3



- 条款回顾
  - 根据项目的检测条款，逐条确定是否可以检测
- 精度回顾
  - 根据项目的检测条款，逐条列出试验完成精度
- 系统运行速度
  - 记录试验中系统运行速度
- 系统硬件配置
  - 记录系统硬件配置。灯源、镜头、工作距离、光圈、相机、快门速度、电脑配置等

# 九、PC式系统概述



## 十、智能相机的概述：

- 智能相机 (Smart Camera)
  - 嵌入式视觉系统 (Embedded Vision System)，或叫视觉传感器 (Vision Sensor)。大约于十年前出现在市场上



“嵌入”

