

机器视觉入门

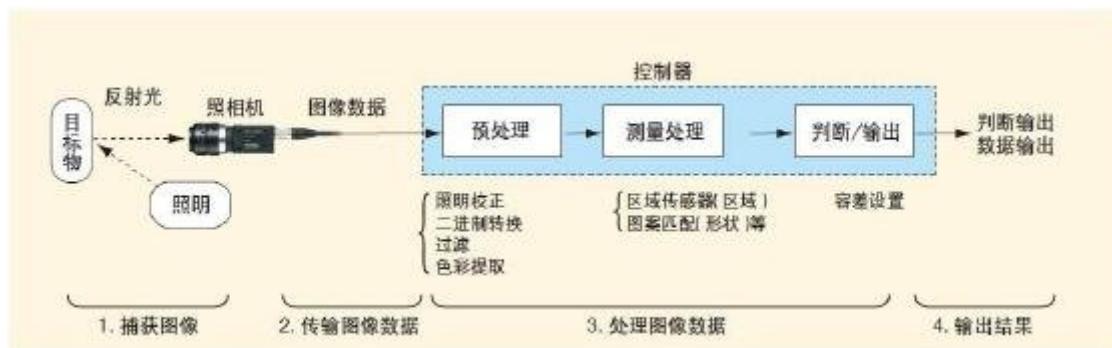
一、机器视觉与机器视觉系统

1. 机器视觉

机器视觉就是用机器代替人眼来做测量和判断，机器视觉系统是指通过机器视觉产品将被摄取目标转换成图像信号，传送给专用的图像处理系统，根据像素分布和亮度、颜色等信息，转变成数字化信号；图像系统对这些信号进行各种运算来抽取目标的特征，如面积、数量、位置、长度等，再根据预设的允许度和其他条件输出结果，例如尺寸、角度、个数、合格 / 不合格、有 / 无等，进而根据判别的结果来控制现场的设备动作。机器视觉系统的特点是提高生产的柔性和自动化程度。在一些不适合于人工作业的危险工作环境或人工视觉难以满足要求的场合，常用机器视觉来替代人工视觉；同时在大批量工业生产过程中，用人工视觉检查产品质量效率低且精度不高，用机器视觉检测方法可以大大提高生产效率和生产的自动化程度。而且机器视觉易于实现信息集成，是实现计算机集成制造的基础技术。正是由于机器视觉系统可以快速获取大量信息，而且易于自动处理，也易于同设计信息以及加工控制信息集成，因此，在现代自动化生产过程中，人们将机器视觉系统广泛地用于工况监视、成品检验和质量控制等领域。

机器视觉系统组成与信息传递过程：光源-工件-镜头-相机-采集卡-PC-软件处理-信号输出装置-机械处理。

机器视觉系统示意图



在国外，机器视觉的应用普及主要体现在半导体及电子行业，其中大概40%-50%都集中在半导体行业。具体如PCB印刷电路：各类生产印刷电路板组装技术、设备；单、双面、多层线路板，覆铜板及所需的材料及辅料；辅助设施以及耗材、油墨、药水药剂、配件；电子封装技术与设备；丝网印刷设备及丝网周边材料等。SMT表面贴装：SMT工艺与设备、焊接设备、测试仪器、返修设备及各种辅助工具及配件、SMT材料、贴片剂、胶粘剂、焊剂、焊料及防氧化油、焊膏、清洗剂等；再流焊机、波峰焊机及自动化生产线设备。电子生产加工设备：电子元件制造设备、半导体及集成电路制造设备、元器件成型设备、电子工模具。机器视觉系统还在质量检测的各个方面已经得到了广泛的应用，并且其产品在应用中占据着举足轻重的地位。除此之外，机器视觉还用于其他各个领域。

2. 机器视觉的发展历程：

20世纪50年代开始研究二维图像的统计模式识别。

60年代Roberts开始进行三维机器视觉的研究。

70年代中，MIT人工智能实验室正式开设“机器视觉”课程。

80年代开始，开始了全球性的研究热潮，机器视觉获得了蓬勃发展，新概念、新理论不断涌现。

现在，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、人工神经元网络等。

目前，在国外机器视觉的应用普及主要体现在半导体及电子行业，其中大概40%-50%都集中在半导体行业。具体如PCB印刷电路：各类生产印刷电路板组装技术、设备；单、双面、多层线路板，覆铜板及所需的材料及辅料；辅助设施以及耗材、油墨、药水药剂、配件；电子封装技术与设备；丝网印刷设备及丝网周边材料等。SMT表面贴装：SMT工艺与设备、焊接设备、测试仪器、返修设备及各种辅助工具及配件、SMT材料、贴片剂、胶粘剂、焊剂、焊料及防氧化油、焊膏、清洗剂等；再流焊机、波峰焊机及自动化生产线设备。电子生产加工设备：电子元件制造设备、半导体及集成电路制造设备、元器件成型设备、电子工模具。机器视觉系统还在质量检测的各个方面已经得到了广泛的应用，并且其产品在应用中占据着举足轻重的地位。除此之外，机器视觉还用于其他各个领域。

3. 机器视觉在中国的发展现状：

1990年以前，仅仅在大学和研究所中有一些研究图像处理和模式识别的实验室。

20世纪90年代初，一些来自这些研究机构的工程师成立了他们自己的视觉公司，开发了第一代图像处理产品和一些简单的图像处理软件库，他们的产品在大学的实验室和一些工业场合得到了应用，人们能够做一些基本的图像处理和分析工作。

1990-1998年为初级阶段。期间真正的机器视觉系统市场销售额微乎其微。主要的国际机器视觉厂商还没有进入中国市场。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。带有机器视觉的整套的生产线和高级设备被引入中国。

1998-2002年定义为机器视觉概念引入期。在此阶段，许多著名视觉设备供应商，诸如：Matsushita, Omron, Cognex, DVT, CCS, DataTranslation, Matrix, Coreco, 开始接触中国市场寻求本地合作伙伴，但符合要求的本地合作伙伴寥若晨星。

从2002年至今为机器视觉发展期，中国机器视觉呈快速增长趋势。

在中国，机器视觉行业本身就属于新兴的领域，再加之机器视觉产品技术的普及不够，导致机器视觉的应用几乎空白，即便是有，也只是低端方面的应用。目前在我国随着配套基础建设的完善，技术、资金的积累，各行各业对采用图像和机器视觉技术的工业自动化、智能化需求开始广泛出现，国内有关大专院校、

研究所和企业近两年在图像和机器视觉技术领域进行了积极思索和大胆的尝试，逐步开始了工业现场的应用。其主要应用于制药、印刷、矿泉水瓶盖检测等领域。这些应用大多集中在如药品检测分装、印刷色彩检测等。真正高端的应用还很少，因此，以上相关行业的应用空间还比较大。当然、其他领域如指纹检测等等领域也有着很好的发展空间。

视觉行业发展的驱动因素在于：

- 1、用户对于提升产品质量、保持产品一致性的需求。
- 2、用户对于提高生产效率、减少浪费、降低成本的要求。视觉行业发展的关键因素在于：

- 1、有庞大的产业作为基础；为视觉行业发展提供产业基础。
- 2、产业结构中，高附加值产品比重高；中国正在经历结构调整，大部分产业也在经历由低端向，高端的调整，巨大的潜在需求逐步释放出来。
- 3、设备制造商的水平（OEM）高，装备制造业水平快速提升，为系统的广泛推广提供可能。

中国企业将有可能成为推动视觉行业发展的重要力量：

- 1、对视觉技术的潜在需求强烈=有市场
- 2、客户价格承受能力有限=国外产品进入困难
- 3、中国视觉行业具备低成本优势=具备成本、价格优势
- 4、中国视觉行业的技术差距并不大=产品性能能满足需求

对于中国视觉企业来说，市场机会在于：

- 1、最大限度的开发高性价比的机器视觉产品，利用价格优势有效激发国内的潜在需求市场。
- 2、以广泛的市场为基础，积累研发经验，提升产品性能，在国内市场获得全面竞争优势。
- 3、以高性价比产品冲击国际市场。

虽然，中国机器视觉行业会迎来高速发展，但是还没有一个行业可以独立支撑中国视觉行业的快速发展。所以，在产品研发上，一方面要关注行业，继续挖掘具有垄断优势的行业。更重要的是，要注重以应用来划分产品，寻找各行业中的共同需求，开发能够覆盖多行业类似应用的产品。同时，要关注那些在中国有产业基础、国外产品的高价格难以被国内用户广泛接受、国内 OEM 厂商水平较高的市场。器件研发，要紧跟中国视觉行业发展的趋势，开发能够提升中国视觉系统的性价比的产品。

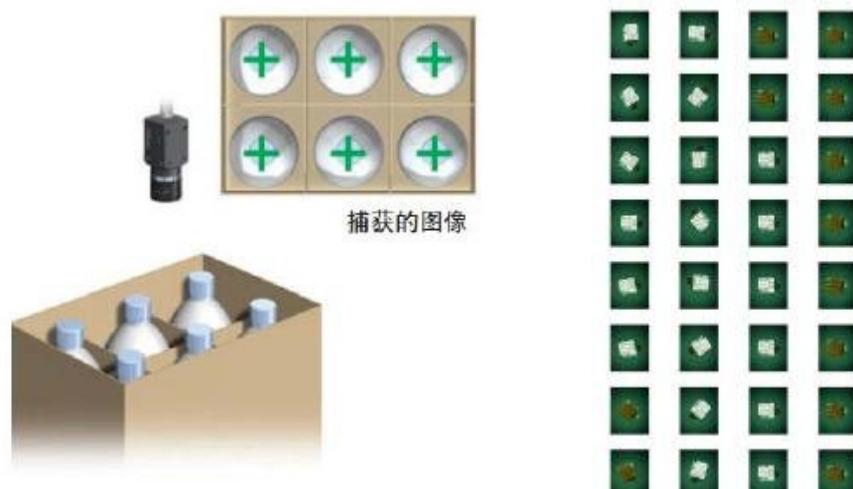
4. 使用机器视觉的好处：

节省时间
降低生产成本
优化物流过程
缩短机器停工期
提高生产率和产品质量
减轻测试及检测人员劳动强度
减少不合格产品的数量
提高机器利用率
非接触测量
具有较宽的光谱响应范围
长时间稳定可靠的进行重复性工作
可以在恶劣环境下工作
.....

二、基本应用范围

1、计数

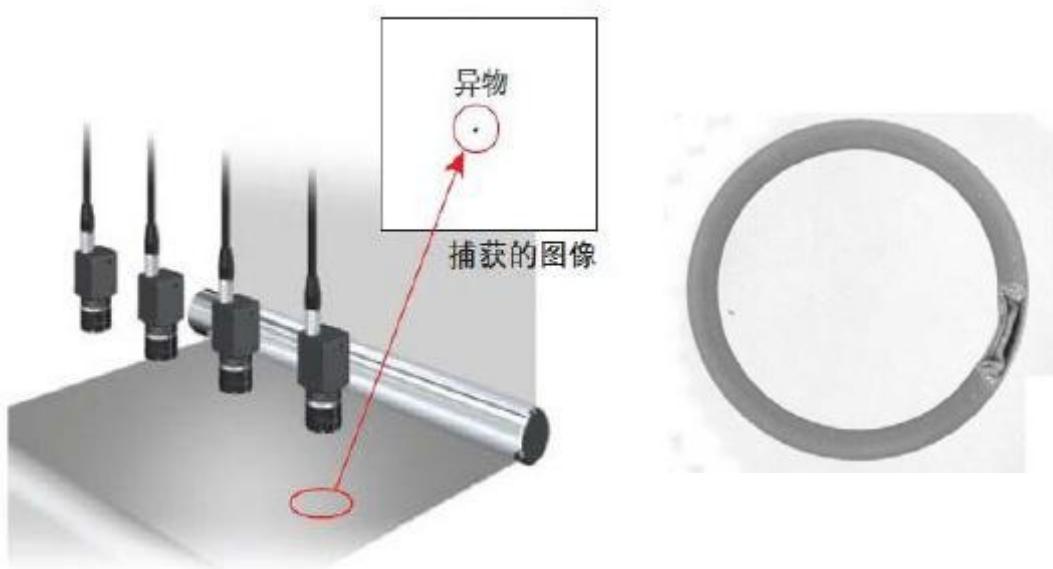
主要用于检测有无和数量统计。
例如：检测物品数量或者是否漏装



2、缺陷检测

主要用于表面缺陷和粘附异物检测。

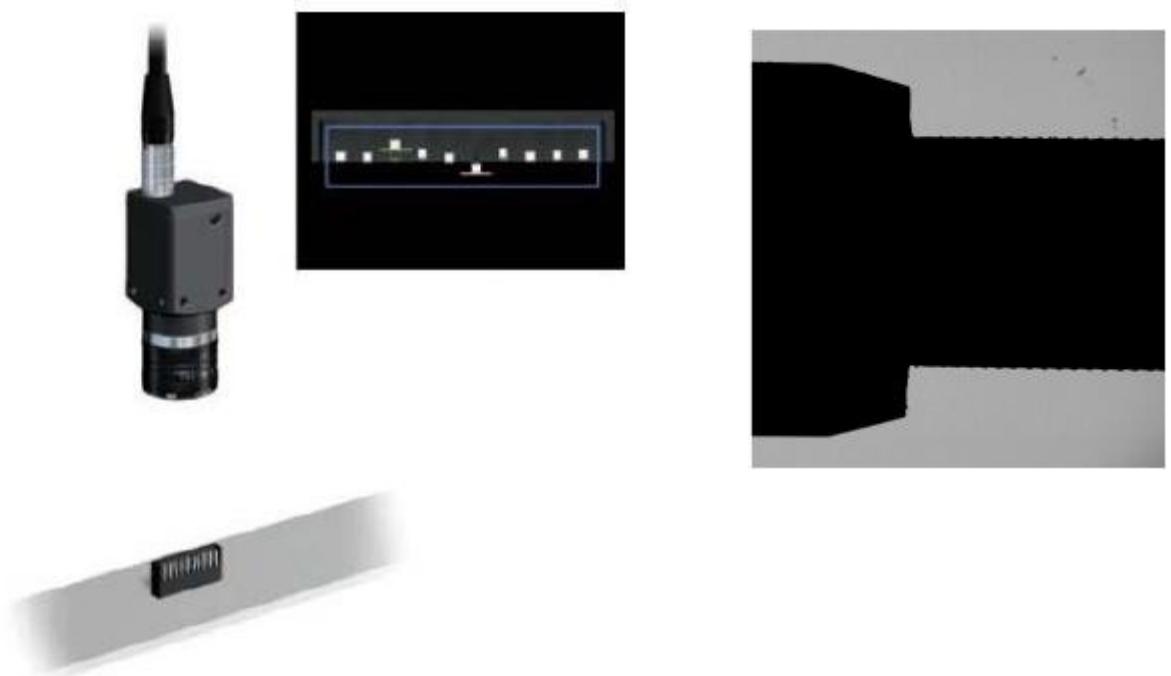
例如：检测异物、瑕疵或者缺陷



3、尺寸测量

主要用于各种特征之间距离测量。

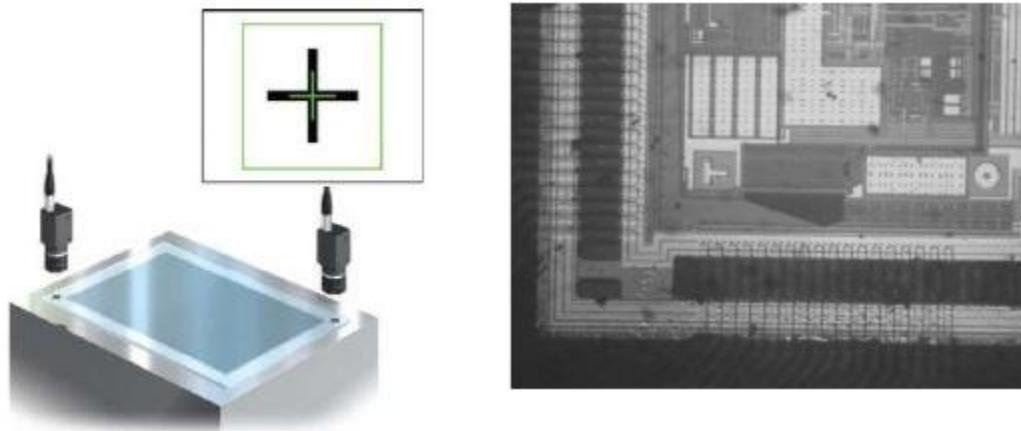
例如：测量针脚距离与平整度等



4、定位对位

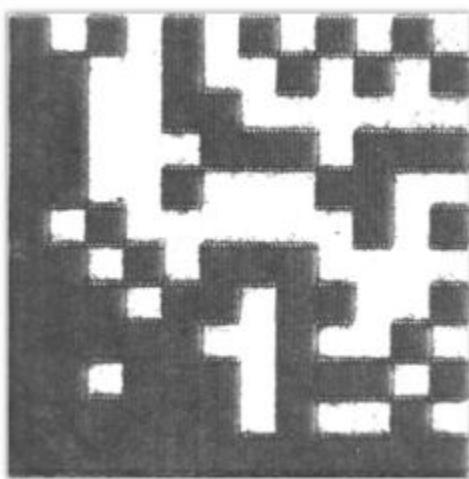
主要应用于安装、切割和焊接等工位。

例如：确定 LCD 基板的位置



5、字符识别

主要用于数字、字母、条码、汉字和其他任何已被定义或编码的符号或图形。



例如： 二维码



条码

相机部分

工业摄像机分类:

按输出图像信号格式划分:

1. 模拟摄像机

PAL (黑白为 CCIR)

NTSC (黑白为 EIA)

2. 数字摄像机

IEEE1394

USB2. 0

CameraLink

GigE

按像素排列方式划分:

1. 面阵摄像机

黑白摄像机

Bayer 彩色相机

3CCD 彩色相机 (分光棱镜)

2. 线阵摄像机

黑白摄像机

3Line 彩色摄像机

3CCD 彩色摄像机 (分光棱镜)

工业摄像机靶面尺寸和分辨率

靶面尺寸	1'	2/3'	1/1.8'	1/2'	1/3'	1/4'
宽x高 (mm)	12.8x9.6	8.8x6.6	7.18x5.32	6.4x4.8	4.8x3.6	3.6x2.7

	VGA	SVGA	XGA	SXGA	UXGA
分辨率	659x494	782x582	1034x779	1392x1040	1628x1236

按照电子元件类型分类：

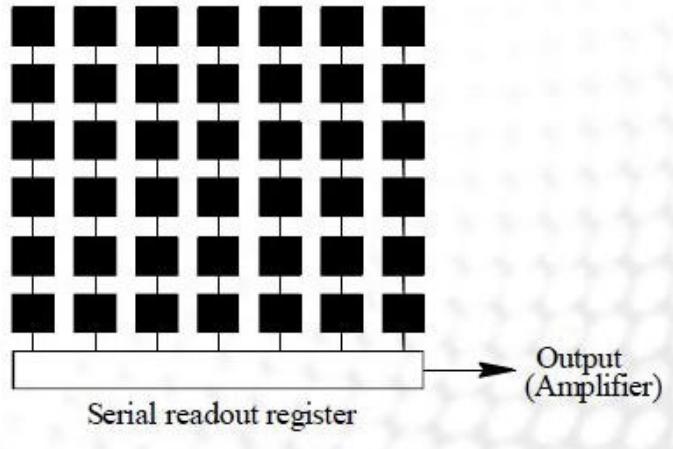
CCD、CMOS

按照拍照颜色分类：

彩色相机、黑白相机

工业摄像机芯片分类：

CCDSensor—全帧转移：



CCDSensor—全帧转移

Full-FrameCCD 的结构最为简单，如图 1 所示，每一个像素都是一个电压势阱，在光子打在像素上时，势阱中会积累并储存电荷。一般使用一行寄存器进行电荷的读出，先把每行像元内的电荷向下一行传输，这样第一行内的电子输送到了寄存器中，第二行内的电子输送到第一行内，依此类推。然后按顺序把寄存器每个像素内的电荷按经过放大器顺序读出，重复这个过程一直到整幅图像读出为止。

在读取的过程中，必须阻止光线到达 CCD 芯片，否则电荷会继续积累。所以一般使用机械快门。如果使用电子快门，在图像读出的过程中，后面的像元会继续曝光，而导致图像模糊 (smear)。由于第一个像素和最后一个像素读出的时间不同，这个过程中，噪音导致的电荷会越来越多，最后一个像素的暗电流明显大于第一个像素。

根据光谱响应度的和灵敏度的要求不同，分为前边照明 (FrontSideIllumination) 和后边照明 (BackSideIllumination) 两种，一般后边照明的量子效率 (QuantumEfficiency，也就是灵敏度) 要高一些，对蓝光的响应度也要好一些。

这种 CCD 一般用于高端的 CCD 成像系统，芯片使用多级电子半导体或液氮制冷至零下 30 到 70° C 以降低噪音。在低温下，可以连续积分 (曝光) 长达数十分钟以检测特别微弱的光信号。这里描述的即是所谓的逐行扫描，而传统的隔行扫描是先曝光奇数行像素 (1、3、5……行) 并输出，然后是偶数行组成的像场。

优点：填充因子(fillfactor)可以达到非常高，甚至达到 100%。这样传感器灵敏度非常大。

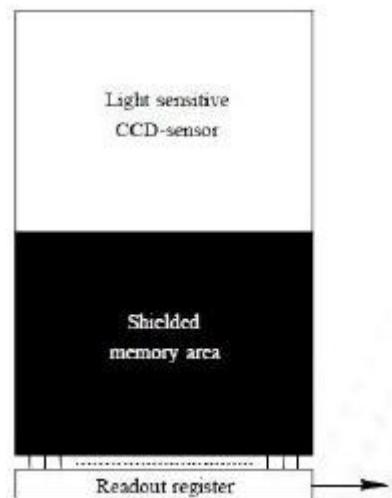
缺点：由于传输和读出使用的时钟相同，因此传感器上面的部分曝光时间比下面的长，这会造成 Smear 现象。为了解决这个问题，必须使用机械快门或闪光灯。

CCDSensor—帧传输：

Frame-transferCCD 把芯片分成了两个区，一个是成像感光区域，一个是图像存储区域。两个区域的指标一般是相同的，只是用于存储的区域表面罩住了，不能感光。曝光成像后，整幅图像快速移位到存储区域，这个过程大约只需几百微秒，然后再顺序读出。这边读取图像的同时，成像区域已经开始感光下一幅图像。由于图像的感光和传输是分开进行的，所以可以不需要机械快门，并且以很高的速率进行，有些摄像机甚至可达 1000 幅 / 秒。如右图所示，红色的区域是存储部分，存储区域的图像通过放大器读出。

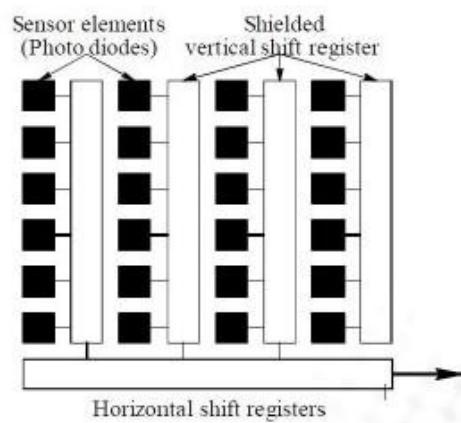
优点：在曝光时间较长的情况下，Smear 现象比 FullFrameArraySensor 小很多

缺点：由于需要两个 Sensor，因此成本非常高



CCDSensor—帧传输

CCDSensor—行转移：



CCDSensor—行转移

在每行感光像元之间插入了不透明的像元作为寄存器使用，这样感光后积累的图像整个移位到不透明的寄存器中，然后在按行和列顺序读出。由于图像移位在微秒级内完成，因为读出过程导致的图像模糊对于一般的曝光情况可以忽略不计。但是由于 CCD 芯片很大面积被不透明的 Mask 遮住了，所以灵敏度较差。为了提高灵敏度，一个办法是每个像素前设置

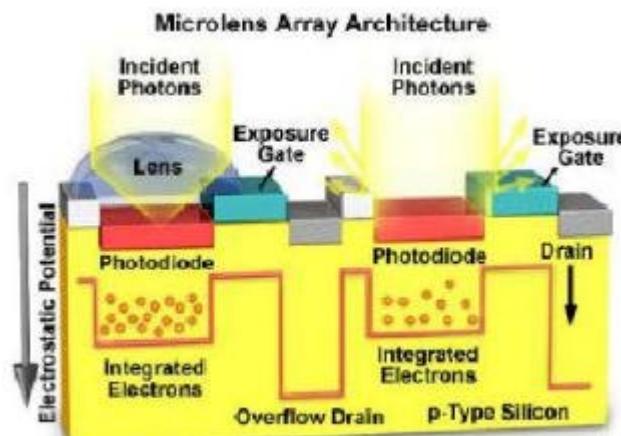
一个微型透镜，把光线聚焦在感光像元部分上，大约可以提高 25% 到 75% 左右。Sony 的 SuperHADCCD 使用的就是类似的技术。使用这种 CCD 的摄像机一般不用机械快门，而是用电子快门。所谓电子快门，就是先把 CCD 芯片每个像素内电荷清空，然后开始计时，到了设定的时间后读出图像。并没有对光线进行任何遮挡。

转移时间约为 1us，因此完全不存在 Smear 现象；

优点：由于转移时间非常短，因此不需要使用机械快门或闪光灯；

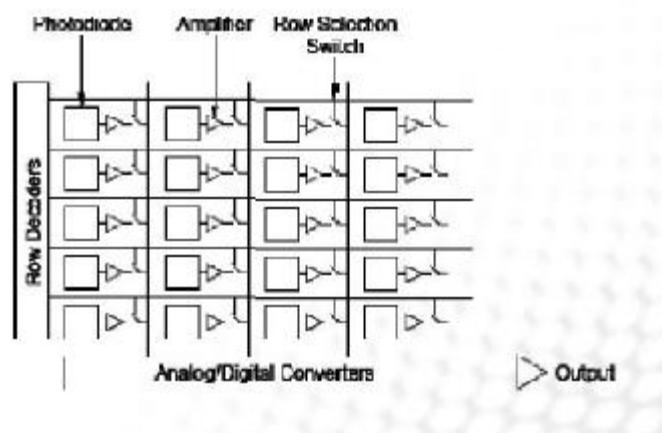
缺点：由于屏蔽区占用了 Sensor 的部分面积，因此使得此种传感器填充因子只能在 20%~70%；

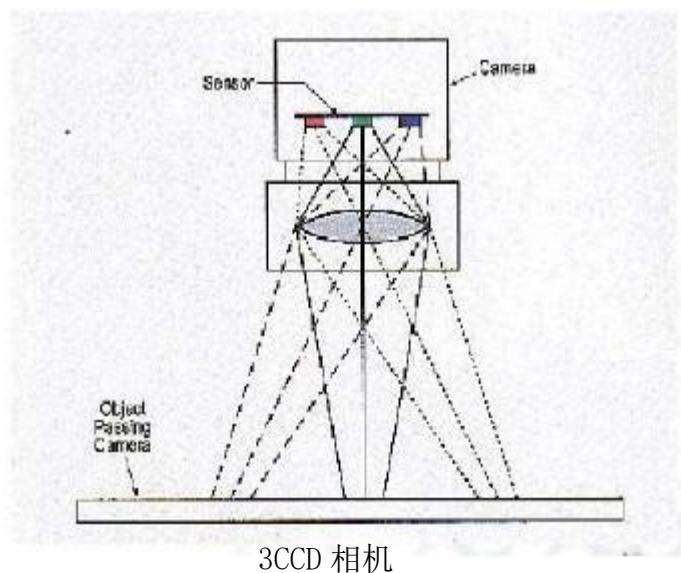
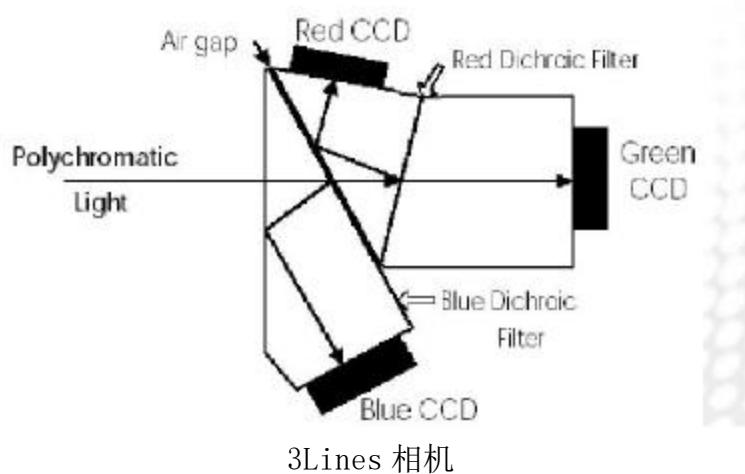
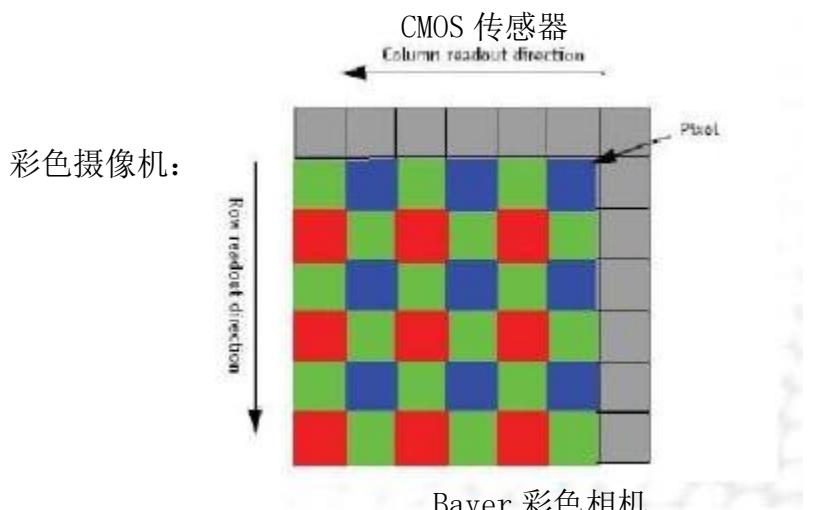
添加微镜头可以增加填充因子。



微透镜

Overflow Drain 主要用来消除 CCD 传感器的 Blooming 现象，它也被用来实现电子快门，通过 MicroLenses 可以将传感器的填充因子提高。



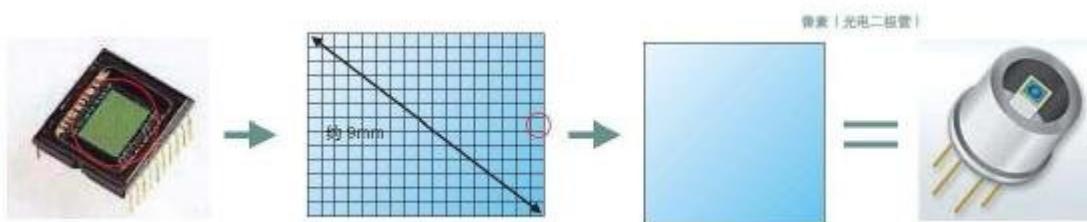


1、芯片

芯片是相机的核心部分，主要功能是一种将图像转换为数字信号的半导体部件。它的高度和宽度均为 1cm 左右，由排列成网格状小像素组成，在使用相机

拍照时，从目标处反射或者透射的光线穿过透镜，在芯片上组成图像。当芯片上的像素接受光线时，就会产生与光强度相对应的电荷。该电荷被转换为电子信号，以获取各个像素接受的光强度（浓度），也就是说，每个像素都是一个可检测光强度的传感器，一个2百万像素的芯片就是2百万个光电传感器的集合。光电传感器可检测特定位置上是否存在特定大小的目标物。但是，单个传感器无法有效地进行更复杂的应用，例如，检测不同位置上的目标物、检测并测量不同形状的目标物或进行全面的位置和大小测量。作为数十万甚至数百万个传感器的集合，面阵相机可大幅拓展可能的应用范围，包括前面所述的五大应用范围。

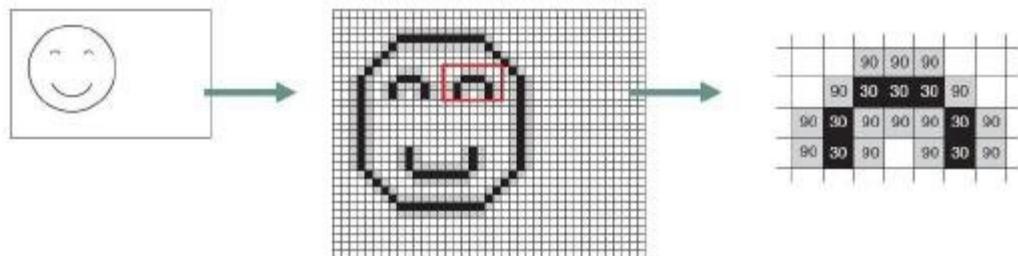
相机芯片逐级放大示意图



2、像素

图片的组成单位，芯片想对应像元产生的图片信息，对应在图片上称为像素。

2.5k 图片，可以看出的每个小格格就是一个像素



3、分辨率

图片的像素个数，通常情况下面阵相机以长乘宽或者像素总数表示，线阵相机以总像素数表示，详细见附录数据。

4、象元与象元尺寸

象元是芯片的组成单位，是实现光电信号转换的基本单元（见芯片示意图），由于相机芯片尺寸为若干个毫米级，分辨率为百万级，因而象元尺寸一般为微米级。

5、芯片尺寸

芯片的大小表示，与显示器等标准相似，以芯片对角线长度来度量，单位以“吋”表示，符号为“””，一吋为16mm，通常使用的芯片有：1/4”、1/3”、

1/2”、1/1.8”、2/3”、1”等，分别表示芯片的对角线从4mm到16mm不等，芯片的长宽比通常为5:4和4:3，除此之外还有8:5、16:9和9:5等。

知道了芯片尺寸和长宽比，可以严格计算出芯片长宽尺寸，如果只知道芯片尺寸，可以按4:3大致估算，详细列表。

6、帧率

机性能参数中会有一个最高帧率指标。

运动物体拍摄时曝光时间越长拖影越长。过长的曝光时间会是相机帧率下降。

快门速度决定了感光元件的曝光时间，不管是CCD像机还是传统的胶片相机都是一样的。不同的是，一般工业摄像机大都采用电子快门，而胶片像机或科研用像机大都采用机械快门。机械快门的速度一般能达到2000分之一秒，好的专业像机也只能达到1/8000秒，而电子快门要快的多，一般都能达到1/120,000秒，另一方面，机械快门可以慢到数十秒，而电子快门一般最慢在1/60秒左右。机械快门的开启和关闭需要一个过程，曝光时间很短时，这个过程就变得比较重要了，因为随着快门的开启，感光元件的一部分开始感光，而另一部分还没有，快门关闭的过程正好相反，最先感光的部分最后关闭，所以整个感光元件的曝光时间是不一样的。电子快门速度要快得多，虽然感光元件一直在曝光，但是电子快门作用时，一般先清除积累的电荷1次到数次，然后开始计时积累图像并读出，由于全部是电子控制，速度可以很快。快门速度和帧率没有直接的关系，帧频是摄像机每秒钟拍摄图像的次数，而快门速度是采集一幅图像时的曝光时间，但是曝光时间过长会使帧率下降。

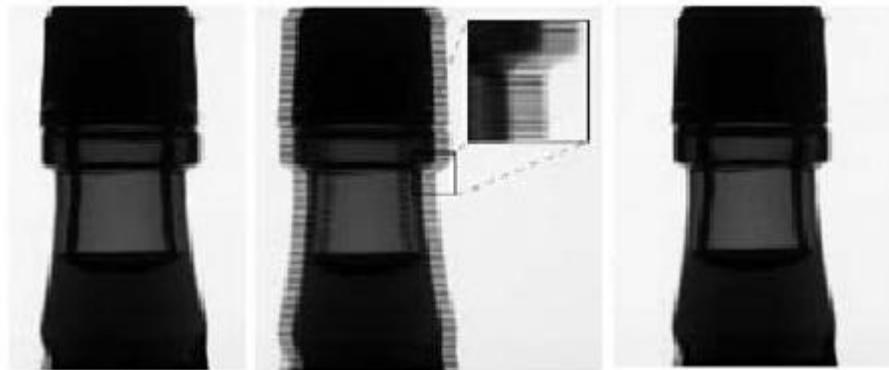
10、曝光方式

行曝光和帧曝光



11、扫描方式

隔行扫描和逐行扫描（模拟相机）



12、CCD

电耦合器件光电传感器，像芯片的一种，为中高端芯片，感光效果和颜色还原性比较好，在视觉中适合拍摄运动物体。

13、CMOS

互补性金属氧化物半导体器件简称，像芯片的一种，为中低端或者超高端芯片，便于大规模集成。

CCD 与 CMOS 比较：

CCD：

优势 图像质量高、灵敏度高、对比度高

劣势 Blooming、不能直接访问每个像素、没有片上处理功能

CMOS：

优势 体积小、片上数字化、很多片上处理功能、低功耗、没有 Blooming 现象、直接访问单个像素、高动态范围（120dB）、帧率可以更高

劣势 一致性较差、光灵敏度差、噪声大

14、精度

图片中每个像素代表的实际物体的尺寸。

视场（对应长度）

分辨率（对应长度）

15、拖影

拍摄运动图像时，同一物体，在图片上重复成像的现象。

无拖影

17、相机 - 镜头接口

常用为 C 口和 CS 口，C 口比 CS 口长约 5mm。

18、数据接口

图像采集之后，将数据传输到计算机的接口，通常有 USB 系列、1394 系列、千兆网和 Cameralink 等。详细信息参考相关通信协议和硬件信息。

19、智能相机

将相机和计算机集成在一起，并且带有一定功能的处理软件，能够实现通过简单操作就能处理，优点是很多算法已经实现，抗干扰能力强，体积小；缺点是扩展开发空间有限，也有一些其他限制，价格比较高。详细情况见智能相机。

20、采集卡

某些接口计算机主板上没有集成，需要一定功能的转接卡实现，例如 1394。

21、面阵相机与线阵相机

根据相机芯片上象元分布于采集方式划分为面阵相机与线阵相机，详见线阵相机。

22、象元深度

拍摄图片每个像素每个通道数据占有空间位数，一般有 8、10、12、16 等，其亮度等级为对应位数二进制数据总量。

23、图像存储空间 - 采集速度的关系

相机拍摄图片采集之后组要传输到计算机，传输线传输速度限制了单位时间数据流量。

24、同步方式

相机拍摄可以以内触发连续方式或者单帧方式进行，也可以以外触发方式进行，外触发间隔不能低于相机拍摄的最小周期，否则会出现意想不到事情（Eg. 丢帧或者死机等）。

25. 既然有彩色摄像机，为什么还选黑白的？

同样价格的黑白摄像机和彩色摄像机相比，黑白摄像机分辨率高、信噪比大、灵敏度高、拍摄的图像对比度也大，更能表达原物体的亮度信息，图像格式的数据量小，处理速度快，而且对大部分应用来讲，黑白摄像机足以胜任，所以如果可以使用黑白摄像机，就不要用彩色的。

的途决定了必须使用彩色的摄像机，例如对水果的自动挑选，PCB 电路板上元器件的识别等。这种情况下，如果能够选用使用 3 个 CCD 芯片的彩色摄像机最为有利，因为这种摄像机每个芯片探测一种颜色，而且可以输出 RGB 分量图像信息，分辨率和灵敏度都比使用单 CCD 芯片的彩色摄像机好。

26. 怎样拍摄运动物体？

假定物体大小是 O 、运动的速度是 V ，系统的放大率是 M ，CCD 像机的像素尺寸是 P ，芯片尺寸是 L ，曝光时间是 T ，那么，在曝光的过程中，如果物体运动的距离不超过 1 个像素（精度），CCD 是分辨不出的，可以获得清晰的图像。

各种品牌相机与特性：请参考各大相机供应商资料。

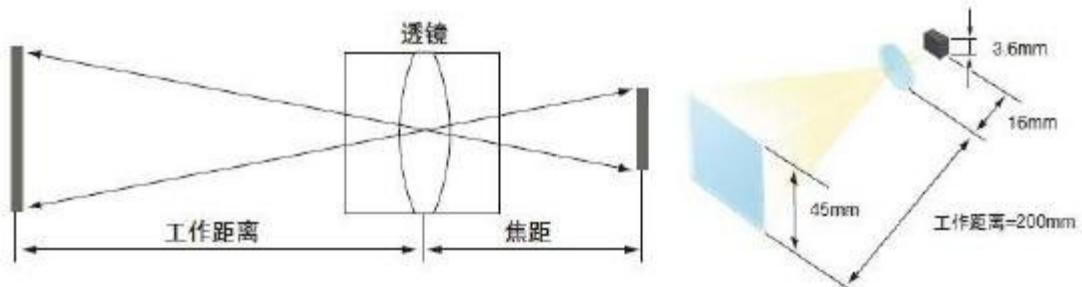
四、镜头部分



镜头结构图示

相机镜头由多个透镜、可变（亮度）光圈和对焦环组成，应由操作员观察相机显示屏来调整可变光圈和焦点，以确保图像明亮清晰。

简单成像光路



比例表达式：工作距离和视场大小由焦距和相机芯片大小来决定。在远场拍摄的情况下，可套用以下

$$\text{视场 (对应长度)} \quad \text{工作距离}$$

$$\text{芯片 (对应长度)} = \text{焦距}$$

例如图示：

$$\text{视芯场片 (纵向长度)} 3.45 = \text{工作焦距距离} 1200$$

1、焦距

镜头到成像面的距离（成像面就是芯片的感光表面）。

2、接圈

装在镜头和相机之间改变镜头参数的一种附加装置，普通镜头加接圈后工作距离降低，放大倍数放大，视场缩小。

3、扩倍器

装在镜头和相机之间改变镜头参数的一种附加装置，镜头加大于 1 的扩倍器之后视场减小，放大倍数变大，反之相反，在扩倍器与相机之间加接圈，会大幅提高工作距离。

4、反接圈

依据光路可逆性，将镜头反向安装的一种装置，实现放大倍数变化，例如 0.1 倍镜头变成 10 倍。

5、工作距离

镜头底部到拍摄平面的距离。

6、视场

拍摄视野的尺寸。

7、视场角

镜头光学中心与视场各点、边、线形成连线的夹角。

8、光圈——镜头上的 F#

光学系统中光线经过折射、反射等最后到达像面，这个传输过程中，并不是所有进入系统的光线最后都能通过，而是有一部分被阻挡，这好像是光线透过一个孔，这个孔的直径称为有效孔径，例如单个凸透镜的有效孔径就是透镜的直径本身。为了能够调节透过的光强度，一般镜头中都设置了光圈，也就是一个多叶片的机械装置组成的直径可变的圆孔，调整时这个孔的直径可以连续变化，从而改变镜头的有效孔径。拿一个镜头对着亮处调节光圈大小即可以观察到。好的机械光圈有多个叶片组成非常近似的圆形，而便宜的系统一般用几个叶片来完成，例如 4 个叶片形成近似菱形的光圈。镜头光圈的大小一般用下面描述的 F 数来表

假定光学系统的有效孔径是 D，焦距是 f，那么，

$$F = D/f$$

这个参数描述了光学系统的采光能力，因为有效孔径越大，能收集到和通过的光线越多，而焦距越短，这些光线能到达像面的可能性越大。例如，镜头的焦距是 50 毫米，有效孔径是 8.9 毫米，则 $F=8.9/50=1/5.6$ ，一般镜头上标记的都是 F 的倒数:3.45, 4.5, 6.8, 11, 16, 22 等，这些数一般称为镜头 F 数。到达像面的光照度和 F 的平方成正比，这也正是为什么光圈标记用上面的一系列数的原因，这样，光圈每调大一级，例如从 8 到 5.6，光照度就增加一倍！使用起来非常方便。从镜头指标中给出的最小 F 数，我们可以了解该镜头的采光能力，例如 F1.4 比 F1.8 的采光能力强的多，光线较暗时镜头的优势就显示出来了。

注：镜头中一个装置，可以调节镜头孔径光缆大小，光圈数越大，通光量越少。一般镜头上标记的是数字：3.45.68111622 等，这些数一般称为镜头 F 数。到达像面的光照度和这个数字的平方成反比，这样，光圈每调大一级，例如从 8 到 5.6，光照度就增加一倍！使用起来非常方便。

9、景深

在一定条件下，成像清晰时工件能够沿主光轴移动的距离。

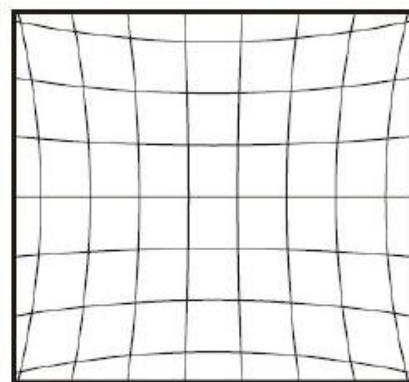
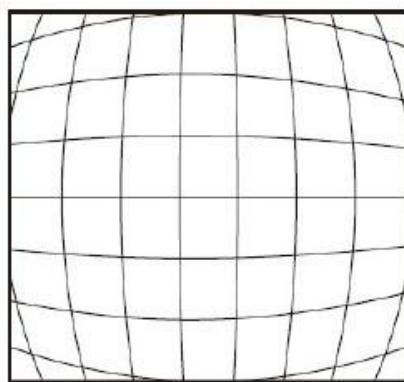
一般情况下：焦距越短，景深越大；光圈越小，景深越大；镜头离物体的距离越远，景深越大；近摄环和微距镜使景深变小；小光圈和良好的光线使聚焦更简单，但是小光圈会丧失物体的精细结构。

由于和分辨率同样的原因，图一中所示的 D 范围内所成的图像看起来都是清晰的，也就是说，在物体空间内，在一定距离范围内的物体成像都是清晰的，这个范围称为景深。换个方式说就是物体移动多大距离从清晰变得模糊。景深和很多因素有关，最重要的是光圈的大小。物体在景深范围内时，图像可以保持一定的质量，超出这个范围时，对比度和分辨率都会下降。也就是说，景深只有在确定了分辨率和对比度后才有意义。由于衍射的原因引起的图像质量变化是可以计算出来的，但是大多数光学系统的性能都是其他因素决定的。景深可以用 45° 倾角的目标进行标定。一般情况下，只要清晰度能满足要求就可以了。

10、畸变

由于成像过程中局部放大倍数差异而造成的物象不相似的现象。在捕获图像的边缘位置上更容易看到失真。失真分为两种：桶形失真和枕形失真。一般而言，失真值的绝对值越小，镜头提供的精确度就越高。例如，失真较少的镜头应用于尺寸测量。长焦距的镜头通常失真较少。

桶形畸变和枕形畸变示意图



11、适配芯片尺寸

每个镜头由于制作工艺和孔径大小不同，只有配合使用不超过一定尺寸芯片的相机时才能保证其各项性能。

12. 远心镜头

近的物体看起来大，远的则小，观测物体时的角度和位置不同造成的视差处处可见。用光学的术语来描述，视差是因为放大率随物距的变化引起的，离镜头远的物体放大率小，近的放大率大。对于应用机器视觉来进行距离或尺寸测量的系统，这个视差不进行校正就会导致测量误差。最明显的例子是被测量的物体从远到近时，图像的尺寸不断的变化。

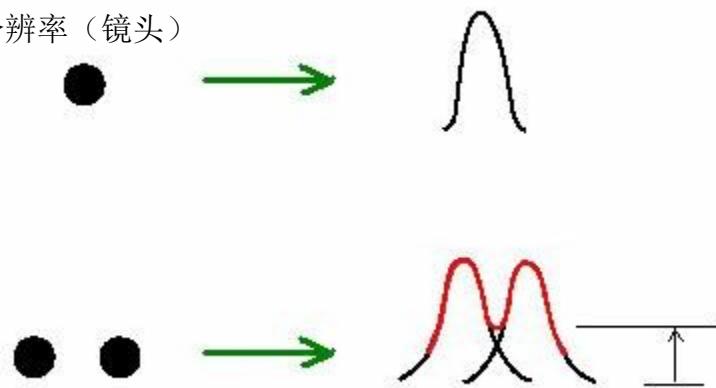
远心镜头是为了在一定范围内纠正这个误差而设计的。在设计时，采用了校正的光学镜片，使得在一定景深范围内，物体的成像大小不随物距变化，这样就给测量带来了方便。远心镜头的景深范围并不比传统镜头大，只是视差被消除了。缺点是远轴部分图像（靠近图像边界的像素）对称性的变模糊，正是有所得必有所失。

13. 景深和光圈以及镜头的焦距有什么关系

景深和光圈的大小有直接关系，光圈越大，景深越短，光圈越小，景深越长。这个原因很容易理解。如果光圈小到针孔左右，能够通过的光线全部都是近轴光，有没有镜头都没有关系了，实际上形成了一个针孔像机，景深是无穷大，不管景物远近成像都是清晰的；随着光圈增大，远轴光开始起作用，只有一定范围内的光线能够清晰成像，光圈放大到 F3.4 时，大约景深只有几毫米了。

焦距越大，景深越短，反之亦然。例如， $f=80\text{mm}$ 的镜头的景深很短，而 35mm 焦距的镜头景深较长。从几何成像的基本公式可以看出，如果镜头的焦距很短，物距大到一定范围时，像距近似等于焦距，也就是说，一定距离以外的物体成像都在焦平面附近， 10m 远的物体和 100m 远的物体成像的位置是一样的，景深很长。而焦距较大时，这个结论不能成立，只有在一定范围内，物体才能清晰成像，所以景深焦短。

14. 分辨率（镜头）



分辨率描述的是光学系统能够分辨的最小物体的距离，这里有一个不确定的因素，就是什么情况下可以认为是可以分辨？一般采用的是所谓的瑞利判据。如图所示，由于衍射、像差等影响，光学系统对一个点所成的像的强度成钟形分布，那么两个相近的点所成的像会有重叠，两点越近，重叠部分越大，两点中间的强度不再是零，而是越来越接近最大值。瑞利判据认为，重叠部分的强度小于最大值的 83% 时，人眼是可以分辨的。当然，对于摄像机来说，是否能够分辨的更好，仍然是一个未知的因素。

一般用成对的黑白相间线来标定镜头的分辨率，描述为能够分辨的黑白线的频率，即每毫米多少线对（1p/mm）。需要指出的是，像空间的分辨率和物空间的分辨率相关但是不同。对于 CCD 像机的情况，至少需要两个像素来分辨一对线，所以 CCD 摄像机能够达到的最大分辨率是：

$$r=2\text{CCDsize}$$

而相应的物体空间的分辨率是：

$$R=$$

有时，物体空间的分辨率被理解为能够测量的最小物体尺寸。

分辨率一般用黑白条纹或形状条纹的目标来进行标定，市场上可以买到现成的目标模板。各种品牌镜头与特性：请参考各大镜头供应商资料。

五、光源部分

1、使用光源的目的

机器视觉中的光源不仅仅是为了照明：1. 照亮目标，提高亮度；2. 形成有利于图像处理的成像效果；3. 克服环境光干扰，保证图像稳定性；4. 用作测量的工具或参照物。

通过适当的光源照明设计可以使图像中的目标信息与背景信息得到最佳分离可以大大降低图像处理的算法难度，同时提高系统的精度和可靠性。

截止目前没有一个通用的机器视觉照明设备，因此针对每个特定的案例，要设计形影的照明装置，以达到最佳效果。

2、常用光源

理想的光源应该是明亮，均匀，稳定的，视觉系统使用的光源主要有三种：高频荧光灯、光纤卤素灯、LED（发光二极管）光源：



荧光灯实物图片



机器视觉入门（草稿）



LED 实物图片

荧光灯实物图片

卤素灯实物图片

LED 实物图片

高频荧光灯：使用寿命约 1500—3000 小时

优点：扩散性好、适合大面积均匀照射

缺点：响应速度慢，亮度较暗

光纤卤素灯：使用寿命约 1000 小时

优点：亮度高

缺点：响应速度慢，几乎没有光亮度和色温的变化

LED 光源：使用寿命约 30000—100000 小时

可以使用多个 LED 达到高亮度，同时可组合不同的形状

响应速度快，波长可以根据用途选择

比较项目	高频荧光灯	卤素灯	LED光源
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

各种光源性能比较

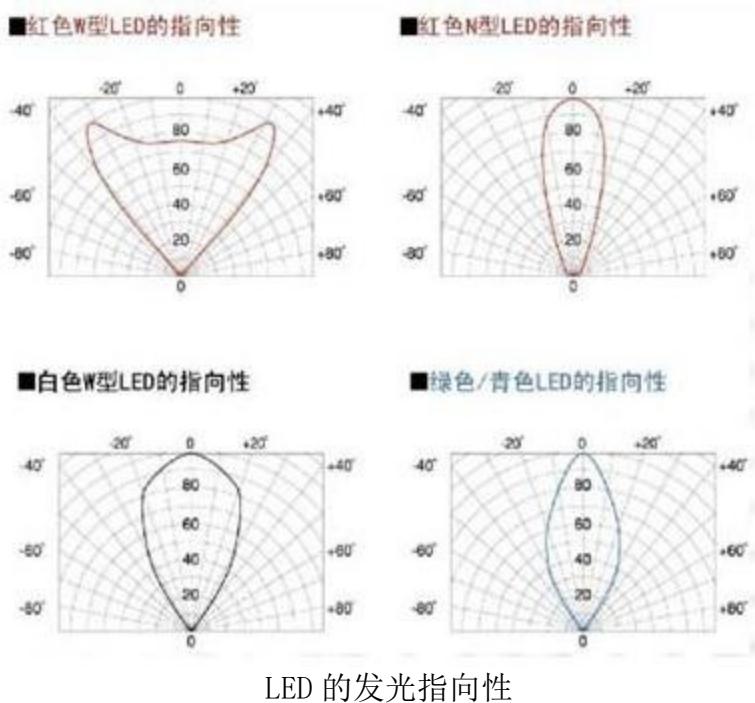


各种光源性能比较

3、LED 光源的优势

1. 可制成各种形状、尺寸及各种照射角度；
2. 可根据需要制成各种颜色，并可以随时调节亮度；
3. 通过散热装置，散热效果更好，光亮度更稳定；

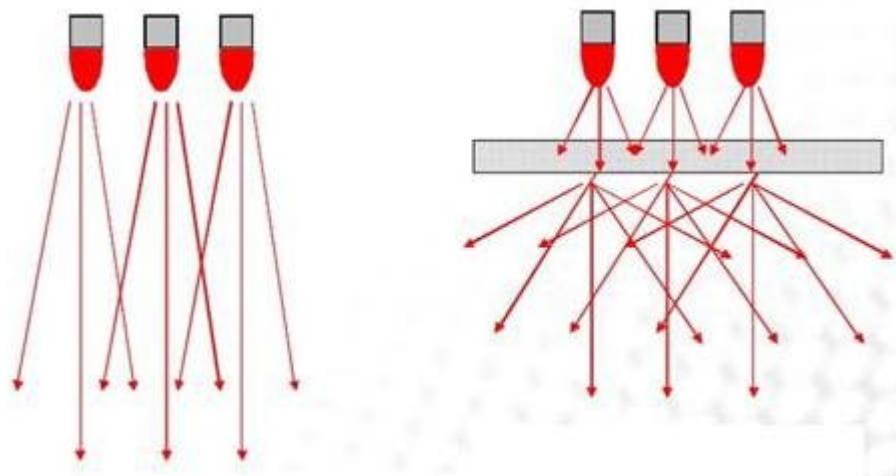
4. 使用寿命长（超过 3 万小时，间断使用寿命更长）；
5. 反应快捷，可在 10 微秒或更短的时间内达到最大亮度；
6. 电源带有外触发，可以通过计算机控制，起动速度快，可以用作频闪灯；
7. 运行成本低、寿命长的 LED，会在综合成本和性能方面体现出更大的优势；
8. 可根据客户的需要，进行特殊设计。



LED 的发光指向性

4、简单照明技术：

直射光与漫射光





镜面反射与漫反射

明视野与暗视野

5、色温：

以绝对温度 K 来表示，即将一标准黑体加热，温度升高到一定程度时颜色开始由深红-浅红-橙黄-白-蓝，逐渐改变，某光源与黑体的颜色相同时，我们将黑体当时的绝对温度称为该光源之色温。

因相关色温度事实上是以黑体辐射接近光源光色时，对该光源光色表现的评价价值，并非一种精确的颜色对比，故具相同色温值的二光源，可能在光色外观上仍有些许差异。仅凭色温无法了解光源对物体的显色能力，或在该光源下物体颜色的再现如何。

不同光源环境的相关色温度

光源	色温
北方晴空	8000-8500k
阴天	6500-7500k
夏日正午阳光	5500k
金属卤化物灯	4000-4600k
下午日光	4000k
冷色营光灯	4000-5000k
高压汞灯	3450-3750k
暖色营光灯	2500-3000k
卤素灯	3000k
钨丝灯	2700k

高压钠灯 1950-2250k

蜡烛光 2000k

光源色温不同，光色也不同：

色温在 3300K 以下，光色偏红给以温暖的感觉；有稳重的气氛，温暖的感觉；

色温在 3000--6000K 为中间，人在此色调下无特别明显的视觉心理效果，有爽快的感觉；故称为“中性”色温。

色温超过 6000K，光色偏蓝，给人以清冷的感觉，

a. 色温与亮度 高色温光源照射下，如亮度不高则给人们有一种阴气的气氛；低色温光源照射下，亮度过高会给人们有一种闷热感觉。

b. 光色的对比 在同一空间使用两种光色差很大的光源，其对比将会有层次效果，光色对比大时，在获得亮度层次的同时，又可获得光色的层次。

采用低色温光源照射，能使红色更鲜艳；

采用中色温光源照射，使蓝色具有清凉感；

采用高色温光源照射，使物体有冷的感觉。

6、显色性：

光源对物体本身颜色呈现的程度称为显色性，也就是颜色逼真的程度；光源的显色性是由显色指数来表明，它表示物体在光下颜色比基准光（太阳光）照明时颜色的偏离，能较全面反映光源的颜色特性。显色性高的光源对颜色表现较好，我们所见到的颜色也就接近自然色，显色性低的光源对颜色表现较差，我们所见到的颜色偏差也较大。国际照明委员会 CIE 把太阳的显色指数定为 100，各类光源的显色指数各不相同，如：高压钠灯显色指数 Ra=23，荧光灯管显色指数 Ra=60~90。

显色分两种：

忠实显色：能正确表现物质本来的颜色需使用显色指数 (Ra) 高的光源，其数值接近 100，显色性最好。

效果显色：要鲜明地强调特定色彩，表现美的生活可以利用加色法来加强显色效果。

六、其他：

1、漫射板

为了使得光源发出光的方向更均匀些而增加的一种装置，材料一般是打磨喷砂塑料板或者玻璃板。

2、对比度

对比度和分辨率息息相关，对比度是描述图像的边缘区域是否能够有效地区分，是不是黑的很黑而白的很白。区别越大，物体的细节越容易分辨，当然分辨率越高。用数值来表示时，对比度定义为：

$$\frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}}$$

对于模拟图像卡，信噪比对对比度的影响最大，当然数字化率、即象元深度也是影响对比度的因素之一。

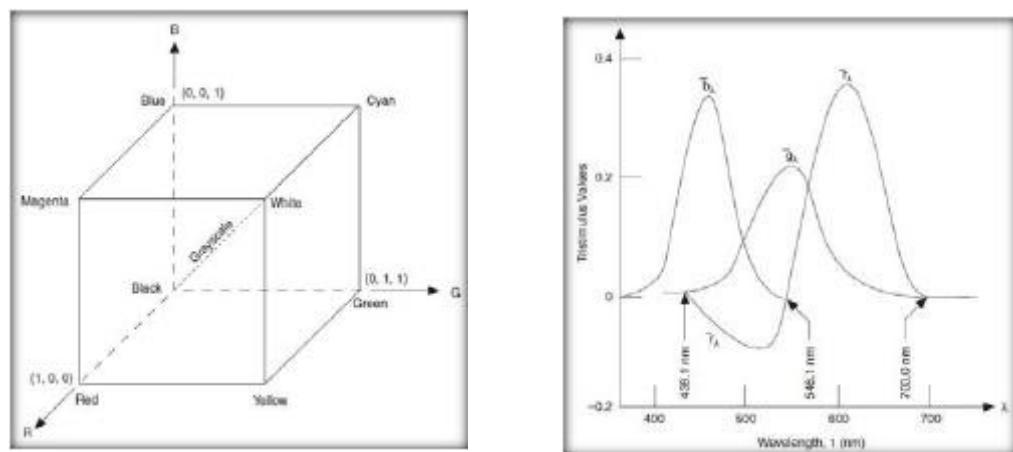
3、白平衡

经过调整，可以使相机拍摄得到图像比较接近物体真是颜色的方法。一般做法是让相机对着白色或者灰色物体，调节色彩分配，使得拍的图片为对应颜色即可，一般相机有自动白平衡功能，但效果不一定好。

4、可见光谱

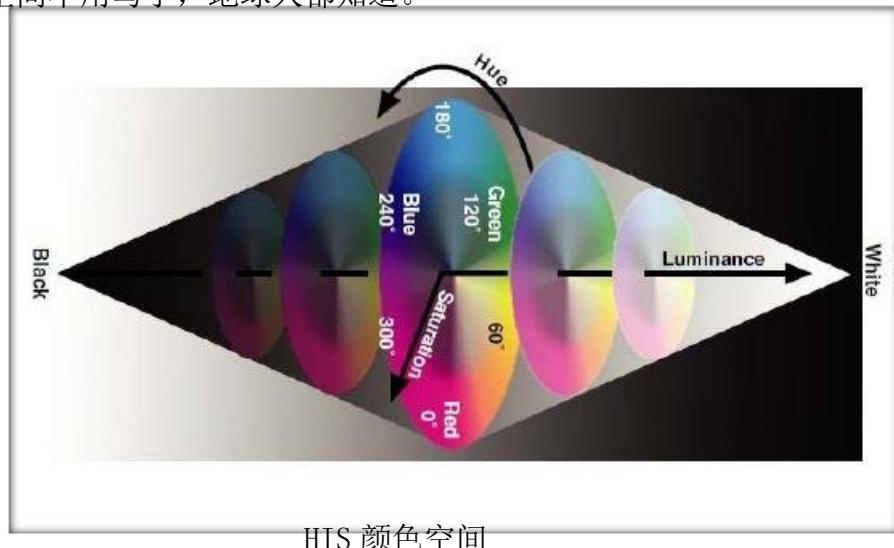
电磁波普中，人眼能够感受到的频段。

5、颜色组成 (RGB&HSL)



RGB 颜色空间

RGB 空间不用写了，地球人都知道。



HSL 颜色空间是人类视觉颜色体系中的一种。HSI 颜色空间将颜色的强度和色彩信息分离，强度 I 信息根据光强确定，而色彩信息则由色调 H 和饱和度 S 两个参数描述。色调 H 表示基本颜色，即光谱的主波长。饱和度 S 是颜色的纯度度量，表示颜色中混合白光的数量，即峰值高度相对整个光谱分布的比值。如图所示为 HSI 颜色空间的几何描述，图中色调描述为颜色点到参考直线的夹角，值域范围为；饱和度描述为颜色点到圆柱中心的射线距离；亮度表示为轴向高度，圆柱中垂直于亮度轴的平面为一等亮度平面。

6、在线 - 离线检测

在线检测就是产品不离开生产线，检测设备检测过程不影响流水线工作，离线检测是指产品检测过程脱离生产线或者流水线停止运行等待检测完成再恢复工作。

7. 光源工作距离

光源底部到工件上端的距离。

七、线阵相机

1、什么是线阵摄像机？

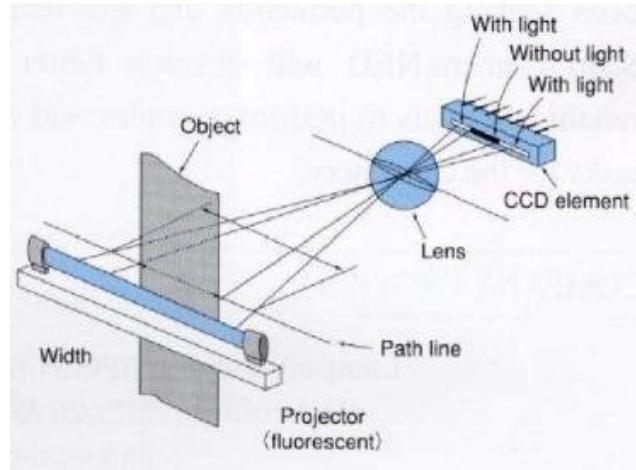
线阵 CCD，这里，感光元按一维方向 (X) 排列，一般感光像元都是 2 的 N 次方，256、521、1024、2048、4096 等，而在另一方向 (Y)，按用途不同，像素的尺寸可以和 X 方向相同而形成正方形像素（例如： $4.5 \times 4.5 \mu\text{m}$ ）以方便成像，也可以很大（ $8 \times 200 \mu\text{m}$ ），从而提高灵敏度。线阵 CCD 广泛应用于运动物体的检测，例如扫描仪、条码阅读器、和尺寸测量传感器等使用的成像器件就是线阵的 CCD 探测器。日本 Keyence 公司的 1 维测量传感器和加拿大 FISO 公司的光纤传感器也是使用 1 维的线阵 CCD 传感器的。使用线阵 CCD 的摄像机一次只能观察物体的一个条状部分，所以要实现成像，摄像头和物体必须相对运动，完成扫描，把每次探测到的结果衔接起来得到完整的图像。这就导致了两个基本的要求，一是这个过程中光源的强度不能发生变化，二是相对运动的速度必须是均匀的（也可以由编码器实现拍照与运动同步），另外，物体不同部分的成像是在不同时间完成的，所以，从成像质量来看，线阵 CCD 摄像机是不如面阵 CCD 的。但是，线阵 CCD 的摄像机有一些突出优点：分辨率高，现在市场上 5K, 8K 像素的经常可以见到；速度快，完成一次扫描需要的时间很短；可实现运动物体的连续检测，例如连续运动的纸张、铝箔等带状物体，这种情况下用面阵摄像机很难实现。

线阵摄像机使用的 Line-ScanSensor 通常只有一行感光单元（少数彩色线阵使用三行感光单元的 Sensor），每次只采集一行图像，每次只输出一行图像，而传统 Area-Scan 每次采集若干行图像并以帧方式（Frame）输出。

2. 线阵摄像机的适用场合

高分辨率、高速运动、曲面检测

3. 线阵摄像机的工作原理



线阵摄像机的工作原理

线阵摄像机是由 Line-ScanCCD 传感器, 驱动控制电路和 A/D 转换电路组成;
被摄物发出的光线通过镜头进入到 CCD 传感器上;
CCD 传感器将光能转换成视频脉冲信号;
视频信号再经 A/D 电路转换成数字信号输出;
每次输出的数字图像信号是一行像素。

4. 线阵摄像机采集速度

线阵摄像机的采集速度 (LineRate) 的单位是: 行/秒, 表示线阵摄像机每秒钟可以采集的图像行数, 线阵最大采集速度, 即最高行频的计算公式: 行频=[线阵的像素时钟]/[线阵的每行像素数], 例如某 40M 的线阵, 其分辨率是 8192 像素, 则其最大行频是: $40\text{MHz}/8192=4.8\text{KHz}$; 即该摄像机最大每秒可以采集 4800 行, 每行由 8192 个像素组成, 线阵最大采集速度可直接查看该型号摄像机的技术参数手册, 通常该标称值会略小于公式计算值。5. 线阵摄像机曝光时间

最高行频

6. 视场范围

线阵的视场范围是一维的, 即只有宽度信息。线阵的视场宽度和所选择的镜头焦距是相关的, 线阵的视场宽度的计算公式如下:

焦距

[focallength]

例如, 某线阵摄像机 Sensor 上的像素物理尺寸 (宽度) 是 10um, 摄像机的分辨率是 2048 个像素, 镜头距离被测物体的距离是 160mm, 使用的镜头焦距是 55mm, 那么该情况下的视场宽度是:

$$\text{FOV} = 10\text{um} \times 2048 \text{pixels} \times 160\text{mm} / 55\text{mm} = 59.58\text{mm}$$

不同型号线阵摄像机所采用的 Sensor 可能是不同厂家的。因此它们的像素物理尺寸很可能是不同的。对于分辨率同是 2048 的两只不同型号的线阵摄像机，它们在同样的工作距离上，使用同一只镜头的情况下，得到的实际视场很可能是不同的，这一点请千万注意。

像素的物理尺寸可以从线阵摄像机的手册中查到。

7. 图像高度方向上的精度确定

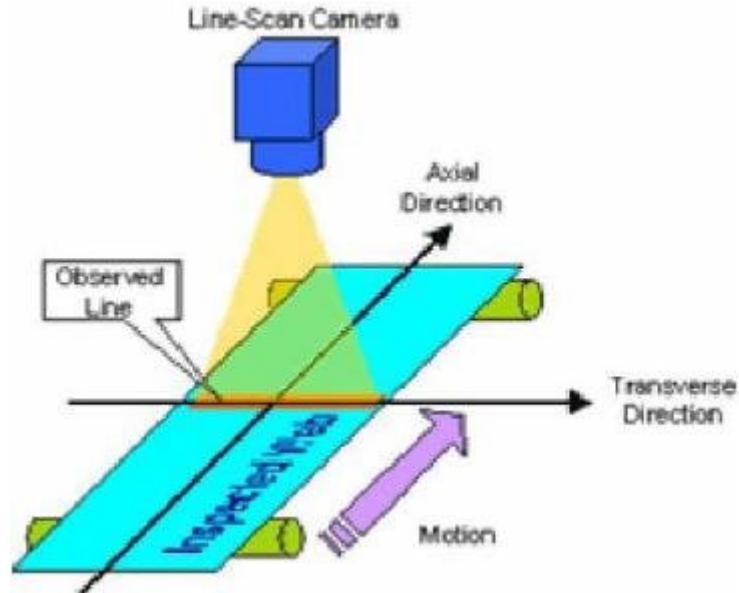
线阵每次仅采集一行，如果要将若干行拼接成一幅图像以得到被测物的像必须要求被摄物体（或线阵摄像机）沿图像高度方向运动。

图像高度方向上的精度与线阵摄像机的工作行频相关，与被测物体（或摄像机）运动的速度相关，图像高度方向的像素精度计算公式如下：

图像纵向精度 (mm/pixel) = 物体运动速度 (mm/s) / 线阵摄像机工作行频 (Hz) 例如：DALSAPC-30-04k80 的最高工作行频是 19.5kHz，拍摄的传送带上的物体运动速度是 150m/min，则使用该线阵摄像机拍摄时在图像高度方向上的可得到最高精度是

$$[150000\text{mm}/60\text{s}]/19.5\text{kHz}=0.12\text{mm};$$

既在图像的高度方向上，每个像素代表实际长度是 0.12mm



8. 锁定纵向精度

锁定纵向精度的意义：

横向精度已定(取决于拍摄视野宽度和摄像机机的分辨率)，保证纵横方向表示精度近似；

保证采集的图像不拉伸或压缩，保证处理算法的最终结果准确。

如何锁定纵向精度

使用编码器 (Encoder) 来产生行触发信号, 使用行触发 (Trigger) 信号来控制摄像机;

锁定图像 Y 向精度的实质就是让摄像机的当前工作行频伴随拍摄物体的速度变化而变化。当物体运动速度增大时摄像机的工作行频也相应增加, 当物体运动速度降低时摄像机的行频也同时下降, 但两者的比值, 即精度, 始终保持恒定;

通过输入帧信号来控制起始位置。

编码器就是每隔固定的距离间隔 (或角度) 即产生相应脉冲信号的装置, 编码器产生的脉冲信号可用来输入到线阵摄像机, 每次脉冲发生时, 摄像机就采集一行图像。

9. 线阵摄像机新技术

随着科技的发展, 线扫描摄像机不再是物理上单线结构的摄像机了而趁显出了多线化, 技术多样化的趋势, 在此, 我们将对黑白, 彩色两大类线扫描摄像机的主流技术进行对比和优、劣势分析。

黑白线扫描摄像机技术:

单线扫描 SingleLineScan

双线扫描 DualLineScan

TDI 摄像机 (TimeDelayIntegration 延时曝光)

单线扫描技术

优点: 最基本的线扫描技术, 摄像机价格相对便宜。

缺点: 短时间曝光应用下响应效果有限, 对光源要求普遍较高。

双线扫描技术



双线彩色摄像机芯片结构

参考 DALSA 专利的双线扫描 Spyder3 摄像机

TDI 线扫

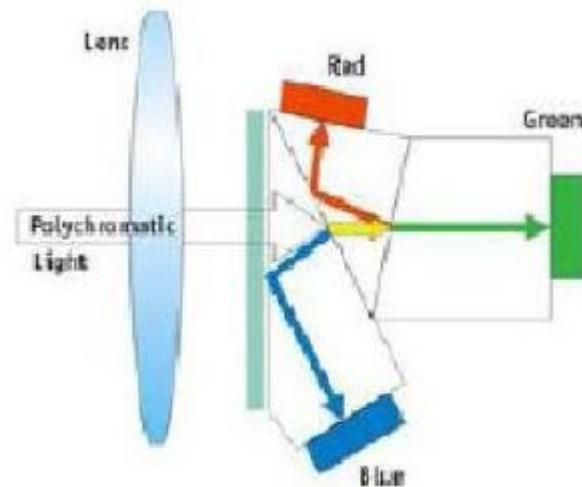
DALSA 专利技术，多至 96 行的响应叠加技术，能把灵敏度提高到 96 倍，短时间曝光应用下效果绝佳，对光源要求低。

TDI (TimeDelayIntegrationlinescan) 对同一物体进行多次曝光累加电荷产生图像信号。一方面多次曝光提高了 TDI 芯片的灵敏度，同时由于其输出信号是多级电荷累加的结果，因此对器件的光响应不均匀性不敏感，从而提高了信号的噪声比。

N 级 TDICCD 的曝光时间是单级 CCD 的 N 倍，响应度也相应的增加 N 倍。特点：

- (1) 在不牺牲高速运动景像分辨率的前提下提高光电灵敏度
- (2) 增加了信噪比，使得 TDICCD 能胜任对比度非常低的环境。
- (3) TDI 是沿着列有多个像元的响应平均，因此，像元的响应均匀性和暗电流均匀性有很大提高。

3CCD 线阵相机



通过棱镜将可见光分为 RGB 三原色

优点：每个像素都有 RGB 三原色的原始信息，没有虚拟色

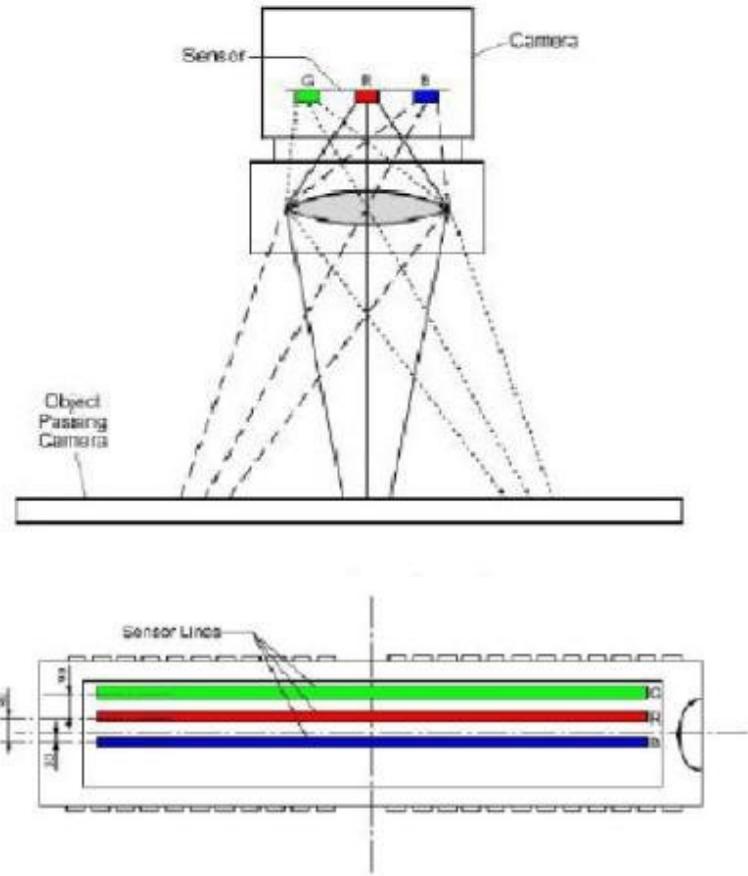
缺点：成本及制造难度高

3 线彩色线阵摄像机

具有 R、G、B 三行像，元，分别对红、绿、蓝三种波长的光敏感

比 3CCD 成本低

R、G、B 三行像元在同一时刻所采集的并非同一位置的信息，在实际应用中需要进行空间校正



3 线彩色线阵摄像机原理图

八、智能相机

智能摄像机(smartcamera)并不是一台简单的相机，而是一种高度集成化的微小型机器视觉系统。它将图像的采集、处理与通信功能集成于单一相机内，从而提供了具有多功能、模块化、高可靠性、易于实现的机器视觉解决方案。

智能相机=数字相机+PC 机=图像采集卡+模拟相机+PC 机 1. PC 的机器视觉检测系统组成部分

在机器视觉行业，应用最广、市场份额最大的无疑是基于 PC 的机器视觉检测系统。这种系统通常有以下组成部分：

计算机（或加上接口卡）

工业摄像机（模拟或数字）

光源

执行机构

2. 基于 PC 方案的优点

存储容量大，相关软件比较多

计算机硬件处理能力强大

图像处理算法容易移植，兼容性好

相关硬件比较成熟，容易连接

基于 PC 开发的工程师数量众多，技术积累也较多

3. 基于 PC 方案的适用场合

要求图像处理能力强大的场合

应用现场空间比较大，适合结构复杂的检测系统

应用环境相对简单，外界干扰、振动较少

有人操控，对稳定性没有非常强的要求

4. 基于 PC 方案的缺点

系统体积庞大，在工业现场占用较多空间

操作系统庞大，不稳定性增多

功耗较大，同时也存在散热问题

由于组成部分多，可能发生故障的地方也会增多，可靠性会受一定影响

5. 典型的智能相机组成

图像采集模块

图像处理模块

控制模块

配套软件(或者开发库)

6. 智能摄像机的优点

结构简单，紧凑小巧，节约现场安装空间

运行故障率低，可长时间运行

维护成本低，使用简单

整个系统的功耗大幅降低，可适用于使用电池、太阳能供电的应用场合。

与现场其它设备连接简单

7. 智能摄像机的适用场合

任务比较单一的场合

对现场安装空间要求严格的场合

应用环境相对复杂，需要较高的稳定性和可靠性的场合

8. 智能摄像机的不足之处

硬件资源有限

处理能力不及 PC

产品通用性不足

九、通信相关和硬件信息

1. 工业数字摄像机主要接口类型

Usb 系列

IEEE1394 系列

CameraLink

GigE

2. USB 接口

标准	发布日期	传输速率	应用
Usb1.0	1996年	1. 5Mbps	NO
Usb1.1	1998年	12Mbps	Usb鼠标、键盘、家用扫描仪、一些网络摄像机等
Usb2.0 High-speed	2000年	480Mbps	80%的带宽用于图像传输，约38MB
Usb3.0 Super-speed	2008. 08	4. 8Gbps	NO

USB 系列接口

USB 接口特点：

USB2.0 带宽：480Mbit/s

支持热插拔

使用便捷

相机可通过 USB 线缆供电

USB 总线传输方式：

等时(isochronous)传输方式。提供了确定的带宽和间隔时间，在传送数据发生错误时，USB 并不处理这些错误，而是继续传送新的数据；

中断(interrupt)传输方式。传输数据量小，以达到实时效果；

控制(control)传输方式。双向传输，数据量也比较小；

批(bulk)传输方式。该方式用来传输要求正确无误的数据；在这 4 种数据传输方式中，除等时传输方式外，其他 3 种方式在数据传输发生错误时，都会试图重新发送数据以保证其准确性。

USB 传输距离：

USB2.0，单根 5m，加中继可达 30m

USB 接口的局限性：

没有标准协议

主从(Master-slave)结构，CPU 占用率高

带宽没有保证



USB 线

3. IEEE1394—FireWire 接口

标准	发布日期	传输速率	特点及应用
1394a	IEEE 1394 - 1995 IEEE 1394 - 2000	400Mbps	主要应用于视频传输领域； 传输距离4.5m，单根线缆最长 可达到17.5m，加中继可达70m， 光纤传输则可达100m
1394b	IEEE 1394 - 2002	800Mbps	有标准DCAM协议，CPU占用低
1394c	IEEE 1394 - 2006 IEEE 1394 - 2008	800Mbps 3.2Gbps	

1394 系列接口

IEEE1394 特点:

带宽: 400Mbit/s (1394a) , 800Mbit/s (1394b)

支持热插拔

点对点的通讯方式

支持 DMA, 不占 CPU

有保证的带宽, 确保万无一失的数据传输

可通过 1394 总线供电

IEEE1394 传输距离:

1394a, 单根 4.5m(S400), 加中继可达 70m。高质量的线缆可达 17.5m(S400) (AVT), 如果调整到 S100 或 S200, 则传输距离可达 25m, 甚至更长;

1394b, 单根 10m(S800); 转网络传输, 用 Cat5 线可达到 100m(S100), 使用 Cat6 线, 在 S400 情况下可达 60m; 转光纤传输, 可达 500m(S400/S800); 直接光纤传输 100m(S800) (AVTPike 和 Stingray 系列)

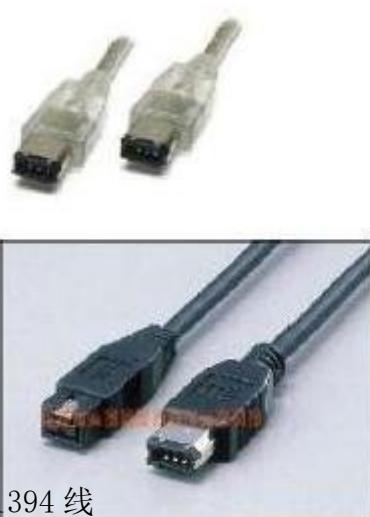
DCAM/IIDC 规范:

规范定义了未经压缩的视频数据在 1394 总线中的传输方式。

在摄像机寄存器层定义了大量的地址。

定义了多种固定的视频格式和外部信号的动作。

允许摄像机生产商自行定义摄像机的“高级特性”



1394 线



4. CameraLink



The Camera Link logo is a registered mark of the Automated Imaging Association. Companies wishing to use this mark must contact AIA at 734/594-6088 to request permission.

是由 AIA 协会推出的数字图像信号通讯接口协议，是一种串行通讯协议；
采用 LVDS 接口标准，该标准速度快、抗干扰能力强、功耗低；
是在 NSM (National Semiconductor 美国国家半导体制造商) 的接口协议 ChannelLink 基础上发展而来的；
协议使用 MDR-26 针连接器。Cameralink 使用 28 位 ChannelLink 芯片；
4 个数据流、1 个时钟信号，通过 5 组 LVDS 线对传输；
传输 24 位图像数据和 4 位同步视频信号，包括：FrameValid、LineValid、DataValid、Spare。

CameraLink 架构：

BaseConfiguration

数据量 2.04Gbit/s (255MB/s)

ChannelLink 芯片数:1；线缆数量：1

5 个 LVDS 线对传输串行视频数据（24bits 数据及 4 位视频同步信号，分别是：FVAL(帧有效)、LVAL (行有效)、DVAL (数据有效)、Spare (保留) ）一组同步信号

传送 4 个 LVDS 线对控制信号 (cc1~cc4)

2 个 LVDS 线对串口信号与相机通讯

MediumConfiguration

数据量 4.08Gbit/s (510MB/s)

ChannelLink 芯片数：2 ； 线缆数量：2

在 Base 的基础上提供了额外的 24bits 数据通道，用于传递图像数据，达到 48bitsFullConfiguration

数据量 5.44Gbit/s (680MB/s)

ChannelLink 芯片数：3；线缆数量：2

在 Medium 基础上提供额外的 16bit 数据带宽，达到 64bits



CameraLink 线缆

CameraLink 优点：

连接简单

线缆紧凑简单（用 5 个线对可传 28bits 数据）高带宽

Base:250MB/s;Medium:510MB/s;Full:680MB/s

5. GigE (千兆网)



GigEVision

由 AIA (Automated Imaging Association) 创建并推广
 适于工业成像应用，通过网络传输无压缩视频信号
 第一个使用价格低廉线缆长距离传输图像的标准
 即使是不同厂家的硬件和软件，只要符合 GigEVision 标准，也可以实现无缝的千兆网连接

GigEVision 的特点：

- 高带宽 (1000Mbps)，有效带宽 100MB/s
- 单根网线传输 100 米的距离
- 标准的 Gigabit Ethernet 硬件允许单个/多个相机连接到一台/多台电脑
- 价格低廉的线缆 (CAT5e 或者 CAT6e) 和标准的连接器，可以很容易进行集成，而且集成费用很低
- 具备较高的可升级性，可适应网络带宽的增长。由于 10GigE 变成主流，GigEVision 将会成为工业中最快的连接；

GigEVision 是基于 UDP 协议的：

	TCP/IP	UDP
连接	面向连接	非面向连接
对系统资源的要求	较多	少
传输模式	流模式	数据报模式
数据的正确性	保证数据的正确性	UDP 可能丢包
数据顺序	保证数据顺序	UDP 不保证

6. 数字相机常用接口比较

	CameraLink	Usb2.0	1394a	1394b	GigE
速度	Base: 255MB/s Full: 680MB/s	38MB/s	32MB/s	64MB/s	100MB/s
距离	10m	5m	4.5m	10m	100m
优势	1. 带宽高 2. 有前预处理功能的采集设备 3. 抗干扰能力强	1. 易用 2. 价格低 3. 多相机	1. 易用，价格低，多相机 2. 传输距离远，实际线缆可达到17.5m，光纤传输可达100m 3. 有标准DCAM协议 4. CPU占用最低	1. 易用，价格低，多相机 2. 传输距离远，线缆价格低 3. 标准GigE Vision协议	
缺点	1. 价格高 2. 线中不带供电	1. 无标准协议 2. CPU占用高	1. 长距离传输线缆价格稍贵	1. CPU占用稍高 2. 对主机配置要求高 3. 有时存在丢包现象	

线阵相机：

1k=1024

6k 以上很少用，价格高，很难找到合适的镜头

4. 常用 CCTV 镜头工作距离与最小视场

焦距 (mm)	聚焦工作距离 (mm)	横向视场 (1/1.8", mm)
8	100~∞	
12	150~∞	
16	300~∞	
25	300~∞	
4.光学单位 50	500~∞	

流明瓦：单位时间光源向空间发出的使人产生光感觉的能量称为“光通量”，其单位就是“流明”。“流明瓦”是“流明/瓦”的读法，是指光源所发出的光通量与它所消耗的电功率之比，即光源的发光效率。

mcd：光通量的空间密度，即单位立体角的光通量，叫发光强度，是衡量光源发光强弱的量，其中文名称为“坎德拉”，符号就是“cd”。前面那个“m”是词头，是千分之一的意

思（就像长度单位，中文名称为“米”，其符号为“m”，前面再加一个“m”成为“mm”，就变成千分之一米，也就是毫米了），所以“mcd”的中文读法为“毫坎德拉”。

照度：是指被光源照亮的物体，其单位面积上通过的光通量，通俗地说，就是物体被照亮的程度。单位是“勒克斯”，其符号为“Lx”。

亮度：L 单位：nit（尼特）， $1\text{nit} = 1 \text{坎德拉}/\text{平方米} [\text{cd}/\text{m}^2]$ 亮度（L）指物体明暗的程度，定义是单位面积的发光强度，是表示眼睛从某一方向所看到物体反射光的强度。

光强 I：单位：坎德拉[cd] (cd candela 烛光 $1\text{cd} = 1000\text{mcd}$ 毫烛光) 一般来讲，光线都是向不同方向发射的，并且强度各异。可见光在某一特定方向角内所发射的强度就叫做光强。

光通量 Φ ：单位：流明[1m] 表示单位时间辐射光能量的多少，光源发射并被人的眼睛接收的能量之总和即为光通量 (Φ)。

照度 E：单位：勒克司[Lx] 照度 (E) 是光通量与被照射面积之间的比例系数。1Lx 即指 1Lm 的光通量平均分布在面积 1m^2 平面上的亮度 ($1\text{Lm}/\text{m}^2$)。

亮度是指物体明暗的程度，定义是单位面积的发光强度，它的单位是 nit(尼特)， $1\text{nit}=1\text{坎特拉}/\text{平方米}$ ，流明 (LM) 是光通量的单位，它表示单位时间辐射光能量的多少，那么为什么本来两个不同的概念，不同的单位混在一起用，用流明来表示亮度呢？这是有一定原因的。通俗地讲，亮度就是人眼对可见光感受的程度，物体发光可分为两类，一类是本身可以发光，如各种灯泡，各种光源，另一类是本身不发光而靠反射光的物体，对于后一类物体，它的亮度一般用光通量的大小“流明”来表示，这是因为它的亮度不完全决定于灯泡功率的大小，而还与光路的设计，各种镜片、反射板的透光率折射率有关，人们总是通过光的反射画面来感受亮度，用流明表示的亮度，是美国国家标准局制定的一种测量方法，它是用通过测量光的反射画面的平均照度乘以面积从而计算出流明数，流明数大表示光通量大，进而表示输出能量大，亮度高，反之亦然，这种表示方法，人们更容易理解。

2. 相机资料

CCD 摄像机知识

1、什么是 CCD 摄像机？

CCD 是 ChargeCoupledDevice(电荷耦合器件)的缩写，它是一种半导体成像器件，因而具有灵敏度高、抗强光、畸变小、体积小、寿命长、抗震动等优点。

2、CCD 摄像机的工作方式

被摄物体的图像经过镜头聚焦至 CCD 芯片上，CCD 根据光的强弱积累相应比例的电荷，各个像素积累的电荷在视频时序的控制下，逐点外移，经滤波、放大处理后，形成视频信号输出。视频信号连接到监视器或电视机的视频输入端便可以看到与原始图像相同的视频图像。

3、扫描制式

根据各国供电所采用的频率不同，有 PAL 制和 NTSC 制之分。50hz：彩色为 PAL 制，黑白为 CCIR 制，标准为 625 行，50 场。60hz：彩色为 NTSC 制，黑白为 EIA 制，525 行，60 场。我国采用的是 PAL 制和 CCIR 制，欧美地区采用的是 NTSC 制和 EIA 制，因此，在设备选用时，一定要注意设备制式之间的匹配。

4. 分辨率的选择

评估摄像机分辨率的指标是水平分辨率，其单位为线对，即成像后可以分辨的黑白线对的数目。常用的黑白摄像机的分辨率一般为 380-600，彩色为 380-480，其数值越大成像越清晰。一般的监视场合，用 400 线左右的黑白摄像机就可以满足要求。而对于医疗、图像处理等特殊场合，用 600 线的摄像机能得到更清晰的图像。

5. 成像灵敏度

通常用最低环境照度要求来表明摄像机灵敏度，黑白摄像机的灵敏度大约是

0.02-0.5Lux(勒克斯)，彩色摄像机多在1Lux以上。0.1Lux的摄像机用于普通的监视场合；在夜间使用或环境光线较弱时，推荐使用0.02Lux的摄像机。与近红外灯配合使用时，也必须使用低照度的摄像机。另外摄像的灵敏度还与镜头有关，0.97Lux/F0.75相当于2.5Lux/F1.2相当于3.4Lux/F1.

参考环境照度：

夏日阳光下 100000Lux 阴天室外 10000Lux

电视台演播室 1000Lux 距60W台灯60cm桌面 300Lux

室内日光灯 100Lux 黄昏室内 10Lux

20cm处烛光 10-15Lux 夜间路灯 0.1Lux

6. 电子快门

电子快门的时间在1/50-1/100000秒之间，摄像机的电子快门一般设置为自动电子快门方式，可根据环境的亮暗自动调节快门时间，得到清晰的图像。有些摄像机允许用户自行手动调节快门时间，以适应某些特殊应用场合。

7. 扫描制式

根据各国供电所采用的频率不同，有pal制和ntsc制之分。50hz：pal制，隔行扫描制式（黑白为ccir），标准为625行，50场。60hz：ntsc制式，525行，60场（黑白为eia）。

8. 外同步与外触发

外同步是指不同的视频设备之间用同一同步信号来保证视频信号的同步，它可保证不同的设备输出的视频信号具有相同的帧、行的起止时间。为了实现外同步，需要给摄像机输入一个复合同步信号(C-sync)或复合视频信号。外同步并不能保证用户从指定时刻得到完整的连续的一帧图像，要实现这种功能，必须使用一些特殊的具有外触发功能的摄像机。

9. 光谱响应特性

CCD器件由硅材料制成，对近红外比较敏感，光谱响应可延伸至1.0μm左右。其响应峰值为绿光(550nm)，分布曲线如右图所示。夜间隐蔽监视时，可以用近红外灯照明，人眼看不清环境情况，在监视器上却可以清晰成像。由于CCD传感器表面有一层吸收紫外的透明电极，所以CCD对紫外不敏感。彩色摄像机的成像单元上有红、绿、兰三色滤光条，所以彩色摄像机对红外、紫外均不敏感。

10. CCD芯片的尺寸

CCD的成像尺寸常用的有1/2"、1/3"等，成像尺寸越小的摄像机的体积可以做得更小些。在相同的光学镜头下，成像尺寸越大，视场角越大。芯片规格 成像面大小(宽×高)对角线 1/26.4x4.8mm8mm1/34.8x3.6mm6mm

11. 摄像机接口

CCD 摄像机接口有两种工业标准, 即 C 接口和 C S 接口。两者螺纹部分相同, 但两者从镜头到感光表面的距离不同。

C 安装座: 从镜头安装基准面到焦点的距离是 17. 526mm。

C S 安装座: 其镜头安装基准面到焦点的距离是 12. 5mm。

12. 摄像机与镜头配装原则:

CS 接口摄像机配 CS 接口镜头

CS 接口摄像机配 C 接口镜头, 摄像机和镜头之间需使用转接圈

C 接口摄像机配 C 接口镜头

C 接口摄像机不用配 CS 接口镜头

CMOS 相机知识

CMOS 传感器

CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor), 中文学名为互补金属氧化物半导体, 它本是计算机系统内一种重要的芯片, 保存了系统引导最基本的资料。后来发现 CMOS 经过加工也可以作为数码摄影中的图像传感器, CMOS 传感器也可细分为被动式像素传感器 (Passive Pixel Sensor CMOS) 与主动式像素传感器 (Active Pixel Sensor CMOS)。CCD 和 CMOS 采用类似的色彩还原原理, 但是 CMOS 传感器信噪比差, 敏感度不够的缺点使得目前 CCD 技术占据了数码摄影大半壁江山。不过 CMOS 技术也有 CCD 难以比拟的优势, 普通 CCD 必须使用 3 个以上的电源电压, 而 CMOS 在单

一电源下就可以运作, 因而 CMOS 耗电量更小, 与 CCD 产品相比, CMOS 是标准工艺制程, 可利用现有的半导体制造流水线, 不需额外投资设备, 且品质可随半导体技术的提升而进步, CMOS 传感器的最大优势是售价比 CCD 便宜近 1/3。同时, CMOS 传感器的这些优点也多用于手机图象处理当中。

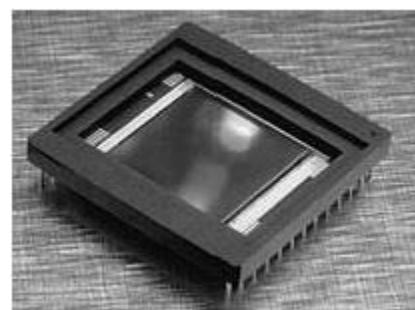
工业摄像机的基本知识及选型指南

摄像机是机器视觉系统中的一个关键组件, 其最本质的功能就是将光信号转变成为有序的电信号。选择合适的摄像机也是机器视觉中的重要环节, 摄像机的选择不仅直接决定所采集到的图像分辨率、图像质量等。同时也是整个系统的运行模式直接相关。机器视觉系统中常用摄像机根据不同的感光芯片划分为 CCD 相机和 CMOS 相机

主要参数

分辨率 (Resolution) :

摄像机每次采集图像的像素点数 (Pixels), 对于数字摄像机一般是直接与光电传感器的像元数对应的, 对于模拟摄像机则是取决于视频制式, PAL 制为 768*576, NTSC 制为 640*480。像素深度 (Pixel Depth) :



即每像素数据的位数，一般常用的是 8Bit，对于数字摄像机一般还会有 10Bit、12Bit 等。

最大帧率 (FrameRate) / 行频 (LineRate) :

摄像机采集传输图像的速率，对于面阵摄像机一般为每秒采集的帧数 (Frames/Sec.)，对于线阵摄像机为每秒采集的行数 (Hz)。

曝光方式 (Exposure) 和快门速度 (Shutter) :

对于线阵摄像机都是逐行曝光的方式，可以选择固定行频和外触发同步的采集方式，曝光时间可以与行周期一致，也可以设定一个固定的时间；面阵摄像机有帧曝光、场曝光和滚动行曝光等几种常见方式，数字摄像机一般都提供外触发采图的功能。快门速度一般可到 10 微秒，高速摄像机还可以更快。

像元尺寸 (PixelSize) :

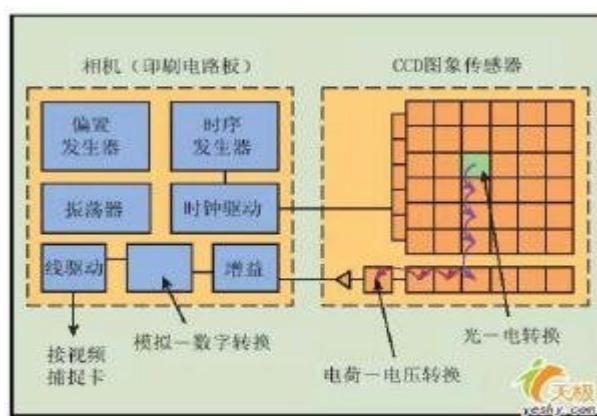
像元大小和像元数 (分辨率) 共同决定了摄像机靶面的大小。目前数字摄像机像元尺寸一般为 $3 \mu\text{m}$ – $10 \mu\text{m}$ ，一般像元尺寸越小，制造难度越大，图像质量也越不容易提高。

光谱响应特性 (SpectralRange) :

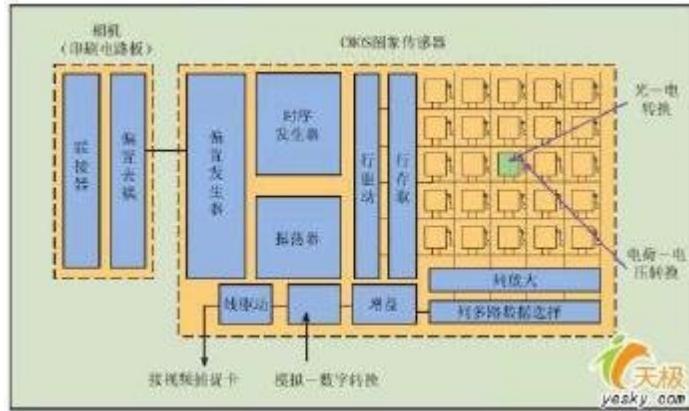
是指该像元传感器对不同光波的敏感特性，一般响应范围是 350nm–1000nm，一些摄像机在靶面前加了一个滤镜，滤除红外光线，如果系统需要对红外感光时可去掉该滤镜。

工作原理

CCD 摄像机工作原理



ccd 工作原理



CMOS 摄像机工作原理

CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor)，它的中文名称是“互补性氧化金属半导体”。主要是利用硅和锗这两种元素所做成的，使其在 CMOS 上共存着带 N (带-电) 和 P (带+电) 级的半导体，这两个互补效应所产生的电流即可被处理芯片纪录和解读成影像。

二、CMOS 与 CCD 传感器深度解析

1、传统 CCD 和 CMOS 的比较

CCD 和 CMOS 感光元件都采用感光二极管作为捕获光线的部件，感光二极管受到光线照射时会输出电流，电流的强度则和光照的强度成正比。但不同的是，一个 CCD 感光单元除了感光二极管之外，只包括一个控制相邻电荷的寄存器。而 CMOS 感光单元的构成则比较复杂，除了感光二极管之外，还包括放大器和模/数转换电路，这样一个感光单元就包含了一个感光二极管和三个晶体管。每个 CCD 或 CMOS 感光单元就是感光元件上的一个子像素。

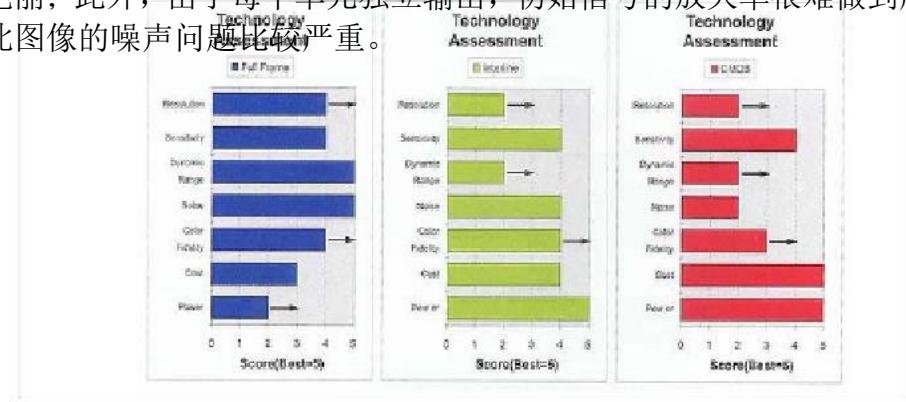
不过，CCD 和 CMOS 感光元件的工作原理并不相同。在 CCD 中，每个感光单元产生的电荷，也就是模拟信号沿着同列的垂直寄存器逐次传输，并逐次与下一个感光单元的信号结合，直到进入水平寄存器，最终由输出端经过放大器的放大输出。这些模拟信号再经过模数转换芯片处理之后，以二进制图像矩阵的形式传输给专用的 DSP 芯片处理。而在 CMOS 中，单个单元就可以完成电信号的放大和模/数转换工作，所得的数字信号合并后直接交给 DSP 芯片处理。不同的结构和工作原理使得 CCD 和 CMOS 这两种感光元件各自拥有不同的特点。

3、CCD 和 CMOS 的优缺点

由于 CCD 感光元件的单个感光单元结构简单，因此在相同面积下，CCD 感光元件可以做得比 CMOS 更加精细，分辨率更高；同时，在感光单元中，感光二极管占有更大的面积，所得图像也比较艳丽；此外，由于统一进行信号放大，因此图像的噪音小。不过，CCD 也有一些缺点，首先是要使用专用的制造设备，而且一个单元的损坏会造成整个列的失效，成品率低，导致生产成本较高；其次，CCD 需要外加电压才能使电荷流动，并且不同的垂直寄存器需要的电压不一样，要用

专用的电源管理电路配合，功耗比同尺寸的 CMOS 高；再次，由于 CCD 感光元件本身无法和模/数转换等周边电路整合，因此整个模块的小型化比较困难。

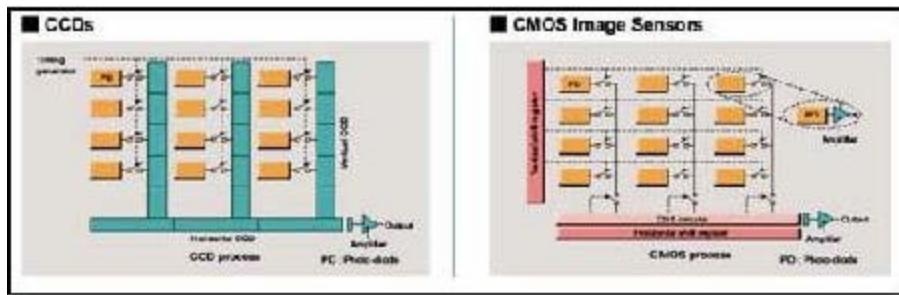
CMOS 感光元件可以利用标准的 CMOS 半导体芯片生产技术大规模生产，同时，它的每个感光单元都是独立的，即使损坏也不会影响到其他单元，因此生产成本低廉；其次，由于每个单元独立进行信号放大和模/数转换，因此不但功耗很低，而且整个模块的体积也更小。但是，由于感光单元中更大的部分被放大器和模/数转换单元占据，传统 CMOS 元件的开口率很低，由此导致光利用效率差，色彩也不够艳丽；此外，由于每个单元独立输出，初始信号的放大率很难做到严格统一，因此图像的噪声问题比较严重。



CCD 有两种：全帧(fullframe)的和隔行(interline)的——上图蓝色和绿色均为 CCD。

技术比较

		CCD	CMOS
设计		单一感光器，电荷耦合器件	感光器连接放大器，互补金属氧化物半导体
成本		质量要求程度高 成本高	CMOS 整合集成，成本低
解析度		连接复杂度低，解析度高	低，新技术高
噪声		单一放大，噪点低	百万放大，噪点高
功耗		需外加电压，功耗高	直接放大，功耗低
灵敏度		同样面积下高	感光开口小，灵敏度低
信息读取方式		光电荷	电流
电路		需加外电路（三路电源）	单一电路
		CCD	CMOS
优点	声噪低、分辨率高、动态范围大、颜色还原好、灵敏度高、		功耗小、传输速度快、价格低、集成度高、尺寸做大难度较小、
缺点	功耗大、传输速度慢、成本高、结构复杂、尺寸难做大		噪声高、分辨率低、光敏性小、颜色还原差、



左图为 CCD 传感器的结构，右图为 CMOS 传感器的结构

造成这种差异的原因在于：CCD 的特殊工艺可保证数据在传送时不会失真，因此各个象素的数据可汇聚至边缘再进行放大处理；而 CMOS 工艺的数据在传送距离较长时会产生噪声，因此，必须先放大，再整合各个象素的数据。

由于数据传送方式不同，因此 CCD 与 CMOS 传感器在效能与应用上也有诸多差异，这些差异包括：

1. 灵敏度差异：由于 CMOS 传感器的每个象素由四个晶体管与一个感光二极管构成(含放大器与 A/D 转换电路)，使得每个象素的感光区域远小于象素本身的表面积，因此在象素尺寸相同的情况下，CMOS 传感器的灵敏度要低于 CCD 传感器。

2. 成本差异：由于 CMOS 传感器采用一般半导体电路最常用的 CMOS 工艺，可以轻易地将周边电路(如 AGC、CDS、Timinggenerator、或 DSP 等)集成到传感器芯片中，因此可以节省外围芯片的成本；除此之外，由于 CCD 采用电荷传递的方式传送数据，只要其中有一个象素不能运行，就会导致一整排的数据不能传送，因此控制 CCD 传感器的成品率比 CMOS 传感器困难许多，即使有经验的厂商也很难在产品问世的半年内突破 50% 的水平，因此，CCD 传感器的成本会高于 CMOS 传感器。

3. 分辨率差异：如上所述，CMOS 传感器的每个象素都比 CCD 传感器复杂，其象素尺寸很难达到 CCD 传感器的水平，因此，当我们比较相同尺寸的 CCD 与 CMOS 传感器时，CCD 传感器的分辨率通常会优于 CMOS 传感器的水平。例如，目前市面上 CMOS 传感器最高可达到 210 万象素的水平(OmniVision 的 OV2610, 2002 年 6 月推出)，其尺寸为 1/2 英寸，象素尺寸为 $4.25 \mu\text{m}$ ，但 Sony 在 2002 年 12 月推出了 ICX452，其尺寸与 OV2610 相差不多(1/1.8 英寸)，但分辨率却能高达 513 万象素，象素尺寸也只有 2.78mm 的水平。

4. 噪声差异：由于 CMOS 传感器的每个感光二极管都需搭配一个放大器，而放大器属于模拟电路，很难让每个放大器所得到的结果保持一致，因此与只有一个放大器放在芯片边缘的 CCD 传感器相比，CMOS 传感器的噪声就会增加很多，影响图像品质。

5. 功耗差异：CMOS 传感器的图像采集方式为主动式，感光二极管所产生的电荷会直接由晶体管放大输出，但 CCD 传感器为被动式采集，需外加电压让每个象素中的电荷移动，而此外加电压通常需要达到 $12\sim18\text{V}$ ；因此，CCD 传感器除了

在电源管理电路设计上的难度更高之外(需外加 powerIC)，高驱动电压更使其功耗远高于 CMOS 传感器的水平。举例来说，OmniVision 近期推出的 OV7640(1/4 英寸、VGA)，在 30fps 的速度下运行，功耗仅为 40mW；而致力于低功耗 CCD 传感器的 Sanyo 公司去年推出了 1/7 英寸、CIF 等级的产品，其功耗却仍保持在 90mW 以上，虽然该公司近期将推出 35mW 的新产品，但仍与 CMOS 传感器存在差距，且仍处于样品阶段。

综上所述，CCD 传感器在灵敏度、分辨率、噪声控制等方面都优于 CMOS 传感器，而 CMOS 传感器则具有低成本、低功耗、以及高整合度的特点。不过，随着 CCD 与 CMOS 传感器技术的进步，两者的差异有逐渐缩小的态势，例如，CCD 传感器一直在功耗上作改进，以应用于移动通信市场(这方面的代表业者为 Sanyo)；CMOS 传感器则在改善分辨率与灵敏度方面的不足，以应用于更高端的图像产品，我们可以从以下各主要厂商的产品规划来看出一些端倪。

信息读取方式：CCD 电荷耦合器存储的电荷信息，需在同步信号控制下一位一位地实施转移后读取，电荷信息转移和读取输出需要有时钟控制电路和三组不同的电源相配合，整个电路较为复杂。CMOS 光电传感器经光电转换后直接产生电流(或电压)信号，信号读取十分简单。

速度：CCD 电荷耦合器需在同步时钟的控制下，以行为单位一位一位地输出信息，速度较慢；而 CMOS 光电传感器采集光信号的同时就可以取出电信号，还能同时处理各单元的图像信息，速度比 CCD 电荷耦合器快很多。

成像质量：CCD 电荷耦合器制作技术起步早，技术成熟，采用 PN 结或二氧化硅(SiO₂)隔离层隔离噪声，成像质量相对 CMOS 光电传感器有一定优势。由于 CMOS 光电传感器集成度高，各光电传感元件、电路之间距离很近，相互之间的光、电、磁干扰较严重，噪声对图像质量影响很大，使 CMOS 光电传感器很长一段时间无法进入实用。近年，随着 CMOS 电路消噪技术的不断发展，为生产高密度优质的 CMOS 图像传感器提供了良好的条件。

由于构造上的基本差异，我们可以表列出两者在性能上的表现之不同。CCD 的特色在于充分保持信号在传输时不失真(专属通道设计)，透过每一个像素集合至单一放大器上再做统一处理，可以保持资料的完整性；CMOS 的制程较简单，没有专属通道的设计，因此必须先行放大再整合各个像素的资料。

3. 相机与镜头选型标准

相机的选择

一：相机芯片选择

1、摄相机按芯片分可分为 CCD 相机和 COMS 相机。CCD 相机主要用于运动速度较快的

物体检测，COMS 相机主要用于静态和运动速度稍慢的物体检测。

2、CMOS 芯片的相机采用滚动快门，这种方式是一次打开一行或者一列，对于运动的物

体会产生形变。另外一种曝光方式称为全局快门，也就是帧频曝光方式，对于每帧图像，快门同时开关，一般 CCD 芯片的相机采用这种曝光方式，一般运动物体在采集图像时都选用 CCD 相机，这种相机的图片质量好，而且无形变。

3、CCD 优点是技术成熟，成像质量好，动态范围广，色彩还原性好，缺点是耗电量大，工艺复杂，成本高，像素提升难度大；CMOS 的结构比 CCD 简单，耗电小，成本低，成像质量低于 CCD，色彩还原性比 CCD 差。

4、价格对比

5、最好有一张表，有现成材料

二：相机像素大小的选择

相机的像素大小（多少）是指相机的分辨率，我们所说的 130 万象素相机的分辨率为 1280*1024，如果客户对检测的精度有要求的话，我们就必须选择一种合适的分辨率的相机，因为检测的精度和相机分辨率、检测视场的大小是密切相关的。确定了视场和精度后可以根据以下公式来选择相机的分辨率：分辨率=视场/精度，精度=视场/分辨率！

三：黑白相机还是彩色相机

彩色相机也可以产生黑白图像，为什么还要用黑白相机呢？同样价格的黑白相机与彩色相机相比，黑白相机分辨率高，灵敏度高，处理速度快，对比度也比彩色相机好更能反应物体亮度信息。但在特殊的场合是需要用彩色相机，例如排线的检测，即要检测不同颜色的线是否插在固定的位置上。因为线有很多颜色，黑白相机很难区分，因此在这种情况下就必须用彩色相机。

四：相机接口

相机接口讲的是相机与计算机的通信接口，相机接口用的较多的有 USB 接口，1394 接口和千兆网接口。选择相机接口时主要根据信息的传输速率而言，另外还应考虑稳定性（工作环境对相机的影响）。USB 的传输速率是 60M/S, 1394A 的传输速率是 400M/S, 1394B 传输速率是 800M/S, 千兆网的传输速率是 800M/S 以上。（单位没有统一）

镜头的选择

镜头种类繁多，已经发展成了一个庞大的体系，以适合各种场合条件下的应用。对镜头的划分也可以从不同的角度来进行：

按工作波长分为：X-ray 紫外、可见光、近红外、红外

变焦与否：变焦、定焦

工作距离：望远物镜（物镜很大）、普通摄影镜头（物距适中）、显微镜头（物距很小）图像质量好与不好，选择一款合适的镜头至关重要。那怎样才能更好的选择呢？

一 焦距（工作距离要求）

镜头的焦距一般有 5mm 、 8mm 、 12mm 、 25mm 及 50mm 。

选择镜头时重点考虑的几个因素：视场、工作距离、景深

一般来说，焦距越小，视场越大，工作距离越低，加延长管可以增加放大倍数即缩小视场，但是会降低工作距离。

根据视场及焦距、可以计算出焦点对准的位置（ WD 及工作距离）。

WD 与视野的大小由镜头的焦距及 CCD 尺寸决定。在不需要近摄环的最近距离以上时，可以根据下列公式过行计算。

WD/视野角 = 焦距 /CCD 尺寸

部分镜头的视场与工作距离对应表格见附录

二 镜头的景深

1 镜头焦距越小，景深越小。

2 与拍摄对象距离越远，景深越大。

注意：使用延长管或微距镜头时景深会变小

3 光圈越小，景深越大。

注意：对于同一只镜头而言，光圈越小，亮度越低，越容易聚焦。

三 镜头波长，变焦与否

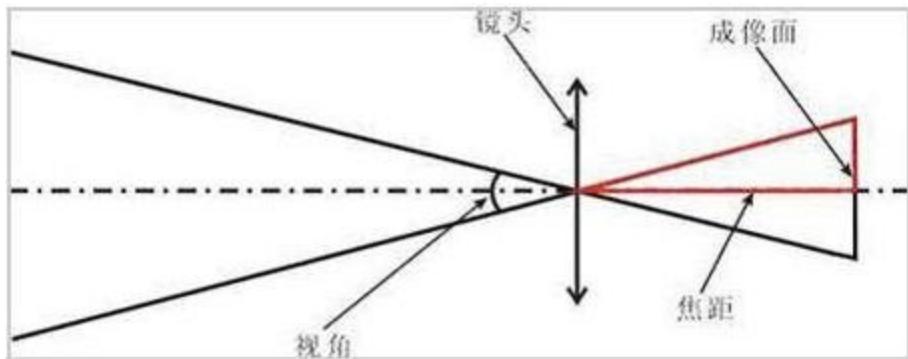
镜头的工作波长是否需要变焦是比较容易确定下来的，成像过程中需要改变放大倍率的应用，采用变焦镜头，否则采用定焦镜头就可以了。

关于镜头的工作波长，常见的是可见光波段，也有其他波段的应用。是否需要另外采取滤光措施了？单色光还是多色光？能否有效避开杂散光的影响？的这几个问题考虑清楚，综合衡量后再确定镜头的工作波长。

接圈 (mm)	镜头	0514			1214		2514		5014		长镜头	
		WD	80	380	110	400	115	318	485	75	106mm	25mm/8mm
0	视场	焦距最大		530mm		240mm		67mm				
		焦距最小	120mm		68mm		22mm		63mm	15mm/6mm		
5	视场	WD					50	110	360	390		
		焦距最大						21mm	30mm			
10	视场	焦距最小					11mm		26mm			
		WD						57	245	295		
15	视场	焦距最大						10mm	22mm			
		焦距最小							17mm			
20	视场	WD							185	205		
		焦距最大							13mm			
		焦距最小						12mm	145	160		
									10mm	9mm		

4. 镜头资料：

概述光学镜头一般称为摄像镜头或摄影镜头，简称镜头，其功能就是光学成像。镜头是机器视觉系统中的重要组件，对成像质量有着关键性的作用，它对成像质量的几个最主要指标都有影响，包括：分辨率、对比度、景深及各种像差。镜头不仅种类繁多，而且质量差异也非常大，但一般用户在进行系统设计时往往对镜头的选择重视不够，导致不能得到理想的图像，甚至导致系统开发失败。本文的目的是通过对各种常见镜头的分类及主要参数介绍，总结各种因素之间的相互关系，使读者掌握机器视觉系统中镜头的选用技巧。



摄影镜头的光学特性

摄影镜头是与照相机机身有机结合的一个部件。它能在某一瞬间，把从一定方向上看到的在空间不断变化的物体外形，用其特有的方式记录在胶片上。它一般是由多片正透镜和负透镜与相应的金属零件组合而成的。它的作用是把被拍摄的目标成像在感光胶片上，构成清晰的实像。它的主要光学特性可由三个主要参数来表示，即摄影镜头的焦距、相对孔径和视场角。

一、焦距

对于一个镜头，不论是单片结构还是多片结构，必定存在一些由其结构决定的特殊点，其中有一对共轭点，叫前主点（物方主点）和后主点（像方主点）。主点的性质是：如果物体在前主点上，则其像必定在后主点上，其方向和大小都不变；通过前主点的光线，射出时必定通过后主点，而且光线方向不变（如图 1—16 所示）。镜头能把物体空间的点变成像空间的点，若以主点为基点，其变换关系可由下式表达：

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{s}{f_1 f_2} = \frac{1}{f}$$

式中 u 是光轴上前主点到物点的距离； v 是光轴上后主点到像点的距离。根据光学理论对主点到物点、像点的方向所做的符号规定，与光线行进方向相同者为正。上式中的 f ，是镜头的标定常数，称为焦距。物点在无限远时，则 $s' = f$ 。焦距是光轴上无限远物点所成的像点（是特殊点之一，称之为焦点）和后主点之间的距离。镜头的焦距长短决定被摄物体在胶片上成像的大小，它相当于物与像间之比的比例尺，当对同一距离的同一目标进行拍摄时，焦距长的镜头在相同胶

片上所成的象要比焦距短的镜头所成的象大。另外，根据用途的不同，摄影镜头的焦距从几毫米到几米分为许多种，按镜头的焦距与胶片画幅对角线长度的比值，摄影镜头又可分为标准镜头、广角镜头（包括鱼眼）和长焦镜头（又称望远镜头）三类。一般的划分标准是镜头的焦距近似于胶片画幅对角线长短的，定为该种画幅相机的标准镜头。比标准镜头的焦距短的称为广角镜头，比标准镜头焦距长的称为长焦距镜头。焦距是由镜头的结构所决定的一个常量，一旦透镜组的相互位置关系发生变化，焦距也必定随之改变。变焦镜头就是根据这一原理而设计的。另外，对近距离被摄物体调焦时，如果采用整组调焦式，镜头的焦距是不变的，但对于内焦式和后焦式镜头来说，由于对应于拍摄距离的只有后部的

负透镜组向象方移动，所以发生了焦距的改变。设透镜组的焦距分别为 f_1 和 f_2 ，两透镜组的焦点间距为 s ，则镜头的合 f 为 2

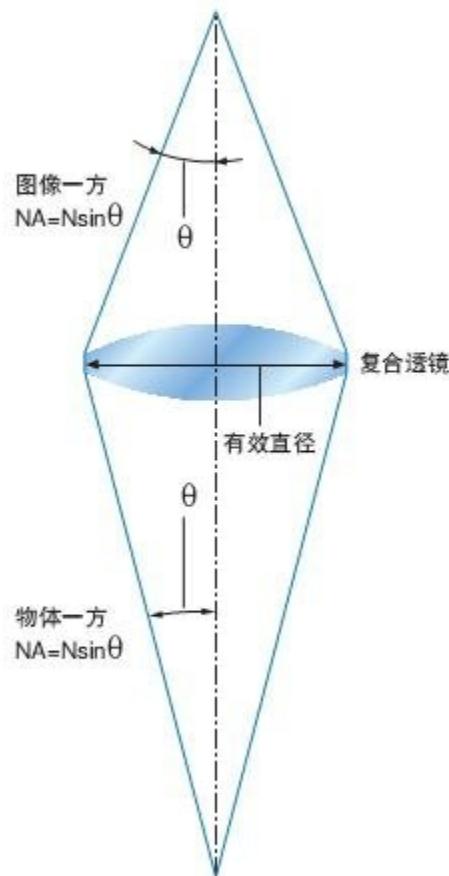
成焦距 f 可用下式来表示

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{s}{f_1 f_2} = \frac{1}{f}$$

在后焦式镜头中，由于 $f < 0$ ，随着主点间隔 s 的增大，则合成焦距 f 的值就相应的变小。因此，摄影镜头上标出的焦距值，不一定是一个精确值，若注明 50mm 的镜头，因有一定的公差允许范围，其焦距可在其允许范围或大或小都是正常的。一般的情况是广角系列的镜头，其焦距值要比镜头上标出的焦距值长，而长焦镜头的实际焦距要比标出值短。

二、相对孔径

数值孔径的(NA)定义



摄影镜头的入射光瞳 D 与焦距 f 之比, 叫做摄影镜头的相对孔径。它是决定该镜头透光能力和鉴别力的重要因素之一。一般以其倒数形式 表示, 称为光圈数。

例如: 一个摄影镜头的焦距标称值为 200mm, 最大光圈数的标称值为 F=2.8, 则表明该镜头的焦距为最大光瞳直径的 2.8 倍即最大光瞳直径为

$$D = \frac{f}{F} = \frac{200}{2.8} = 71.4\text{mm}$$

摄影镜头是通过调整光阑来控制通光量的, 一般我们经常讲的调整光圈实际上就是在调整镜头内的光阑, 在这里我们还是按习惯称之为光圈。这个光圈是镜头中控制通光量的一种装置。它的主要作用有以下几点:

1. 调节光线, 控制光通量;
2. 收小光圈能减少镜头的残余象差;
3. 收小光圈能增长景深范围以及使入射的光线均匀, 避免反映在底片上四角发暗的现象;
4. 利用大光圈可减小景深范围以达到虚化焦点以外的形象, 达到突出主题的作用。摄影镜头光圈数的系列是 1、1.4、2、2.8、4、5.6、8、11、16、22、32、45、64。以上这些基本上也是通用的相对孔径 F 数的标准系列, 每相邻两档数的比值均近似为, 由于象面照度和相对孔径的平 F² 方成正比, 所以 F 数每变化一档, 就相当于底片上的照度变化一倍。而我们经常遇到的像, F=3.5、F=1.8 等非系列数的光圈值, 它们都是镜头生产厂家在考虑到生产成本, 制作工艺等因素后给出的该镜头的最大孔径值。而其余的各档光圈采用上述系列值。这个最大孔径值是指摄影镜头前的光束直径与焦距的比值, 也称有效孔径。这里需要说明的是无论相对孔径还是效孔径都不是光阑的实际孔径, 而是实际孔径与镜头焦距的比值。如前例所述, 用三、视场与视场角被摄景物在通过镜头成象后在焦平面上所形成的可见影像所包括的面积就是该镜头的视场, 无论什么样的镜头其视场的影像中心清晰度高, 比较明亮, 而视场的边缘与同一镜头的视场中心相比较, 无论清晰度还是亮度就差许多, 视场边缘与镜头后节点所形成的夹角, 叫做视场角。在实际应用中, 摄影镜头的视场角受底片大小的制约, 底片画幅的对角线所对应的视场角我们一般用 2θ 来表示; 底片画幅的对角线的长度用 L 表示; f 表示镜头的焦距, 当我们要求某种尺寸的底片画幅所对应的视场角时可用下式计算:

$$2\theta = 2\text{Arctg} \frac{L}{2f}$$

若底片画幅尺寸一定, 由上式可知, 视场角 2θ 的大小反比于镜头的焦距, 当焦距越大时视场角反而越小, 当镜头焦距越小时, 视场角反而越大。照相镜头中的广角镜头、标准镜头和望远镜头的分界一般也是按视场角的大小来区别的。标准镜头, 视场角约为 40° ~ 60°; 广角镜头, 视场角约为 60° ~ 80°; 超广角镜头, 视场角约为 90° 以上; 望远镜头, 视场角约为 10° ~ 30°; 超望远镜

头, 视场角约为 10° 以下。因此, 视场角的大小实际上是由摄影镜头固有的焦距所决定的。这里所讲视角的概念是指镜头的全视角(如图 1—17 所示)。

图中: ABCD 为底片 $AC=L$ θ 为半视场角 2θ 为视场角需要注意的是: 图中所示实际上是一个理想化的视场和视角的说明图, 而实际中底片经过感光所形成的影像所包围的面积, 它已截去了视场中并不清晰明亮的部分而只取中间清晰明亮的部分, 严格的来讲这部分应称之为象场。象场的最长对角线与镜头后节点所形成的夹角称为象场角。象场角比视场角的角度要小。一般摄影镜头所给定的视场角实际上也是象场角。

不同焦距的摄影镜头有着与焦距相关的视场角, 同焦距的摄影镜头有不同的有效口径。我们不能单纯地认为大口径镜头比小口径镜头好或者坏。而是要根据拍摄对象和表现效果去正确的选择。在实际中, 每种不同焦距和最大孔径的镜头都有其临界口径即最佳孔径, 当光圈大于临界孔径时, 就要以牺牲清晰度和景深为代价; 当光圈小于临界孔径时, 由于存在光的衍射现象, 这时通过细小光圈的光线不是沿直线前进而是有绕过障碍物而传播的现象存

在这时构成影像的光斑不再是点而是细小的绕射圈, 这时影像的周围会出现暗交错的环影, 同样也会产生不良的影响。但在实际拍摄中我们可根据不同对象来正确的选择, 这样才能化弊为利, 利用它的特殊性来达到自己所要表现的目的。例如利用大孔径长焦距的镜头虚化前后景以突出主体或利用小光圈拍摄夜景用以表现光芒四射的星光等。

根据有效像场的大小划分

把摄影镜头安装在一很大的伸缩暗箱前端, 并在该暗箱后端安装一块很大的磨砂玻璃。当将镜头光圈开至最大, 并对准无限远景物调焦时, 在磨砂玻璃上呈现出的影像均位于一圆形面积内, 而圆形外则漆黑, 无影像。此有影像的圆形面积称为该镜头的最大像场。在这个最大像场范围的中心部位, 有一能使无限远处的景物结成清晰影像的区域, 这个区域称为清

晰像场。照相机或摄影机的靶面一般都位于清晰像场之内, 这一限定范围称为有效像场。由于视觉系统中所用的摄像机的靶面尺寸有各种型号, 所以在选择镜头时一定要注意镜头的有效像场应该大于或等于摄像机的靶面尺寸, 否则成像的边角部分会模糊甚至没有影像。

根据有效像场的大小, 一般可分为如下几类: 镜头类型 有效像场尺寸

有效像场的大小, 一般可分为如下		几种类效: 像场尺寸
	1/4 英寸摄像镜头	3.2mm×2.4mm (对角线 4mm)
	1/3 英寸摄像镜头	4.8mm×3.6mm (对角线 6mm)
	1/2 英寸摄像镜头	6.4mm×4.8mm (对角线 8mm)
	2/3 英寸摄像镜头	8.8mm×6.6mm (对角线 11mm)
镜头	1 英寸摄像镜头	12.8mm×9.6mm (对角线 16mm)
	35mm 电影摄影镜头	21.95mm×16mm (对角线 27.16mm)
电影摄影镜头	16mm 电影摄影镜头	10.05mm×7.42mm (对角线 12.49mm)
照相镜头	135 型摄影镜头	36mm×24mm
	127 型摄影镜头	40mm×40mm
	120 型摄影镜头	80mm×60mm
	中型摄影镜头	82mm×56mm
焦距能否调节	大型摄影镜头	240mm 距×180mm

根据焦距能否调节, 可分为定焦距镜头和变焦距镜头两大类。依据焦距的长短, 定焦距镜头又可分为鱼眼镜头、短焦镜头、标准镜头、长焦镜头四大类。需要注意的是焦距的长短划分并不是以焦距的绝对值为首要标准, 而是以像角的大小为主要区分依据, 所以当靶面的大小不等时, 其标准镜头的焦距大小也不同。变焦镜头上都有变焦环, 调节该环可以使镜头的焦距值在预定范围内灵活改变。变焦距镜头最长焦距值和最短焦距值的比值称为该镜头的变焦倍率。变焦镜头可分为手动变焦和电动变焦两大类。

变焦镜头由于具有可连续改变焦距值的特点, 在需要经常改变摄影视场的情况下非常方便使用, 所以在摄影领域应用非常广泛。但由于变焦距镜头的透镜片数多、结构复杂, 所以最大相对孔径不能做得太大, 致使图像亮度较低、图像质量变差, 同时在设计中也很难针对各种焦距、各种变调焦焦距距镜离头做像差校正, 所以其成像质量无法和同档次的定焦距镜头相比。

变焦距镜头	定焦距镜头
手动变焦电动变焦	鱼眼镜头短焦镜头标准镜头长焦镜头

实际中常用的镜头的焦距是从 4 毫米到 300 毫米的范围内有很多的等级, 如何选择合适焦距的镜头是在机器视觉系统设计时要考虑的一个主要问题。光学镜头的成像规律可以根据两个基本成像公式牛顿公式和高斯公式来推导, 对于机器视觉系统的常见设计模型, 我们一般是根据成像的放大率和物距这两个条件来选

择合适焦距的镜头的，在此给出一组实用的计算公式： 放大率： $m=h'/h=L'$
 $/L$ 物距： $L=f(1+1/m)$

像距： $L'=f(1+m)$ 焦距： $f=L/(1+1/m)$

物高： $h=h'/m=h'(L-f)/f$ 像高： $h'=mh=h(L'-f)/f$

根据镜头接口类型划分

镜头和摄像机之间的接口有许多不同的类型，工业摄像机常用的包括 C 接口、CS 接口、F 接口、V 接口、T2 接口、徕卡接口、M42 接口、M50 接口等。接口类型的不同和镜头性能及质量并无直接关系，只是接口方式的不同，一般可以也找到各种常用接口之间的转接口。

C 接口和 CS 接口是工业摄像机最常见的国际标准接口，为 1 英寸-32UN 英制螺纹连接口，C 型接口和 CS 型接口的螺纹连接是一样的，区别在于 C 型接口的后截距为 17.5mm，CS 型接口的后截距为 12.5mm。所以 CS 型接口的摄像机可以和 C 口及 CS 口的镜头连接使用，只是使用 C 口镜头时需要加一个 5mm 的接圈；C 型接口的摄像机不能用 CS 口的镜头。

F 接口镜头是尼康镜头的接口标准，所以又称尼康口，也是工业摄像机中常用的类型，一般摄像机靶面大于 1 英寸时需用 F 口的镜头。

V 接口镜头是著名的专业镜头品牌施奈德镜头所主要使用的标准，一般也用于摄像机靶面较大或特殊用途的镜头。

应用案例

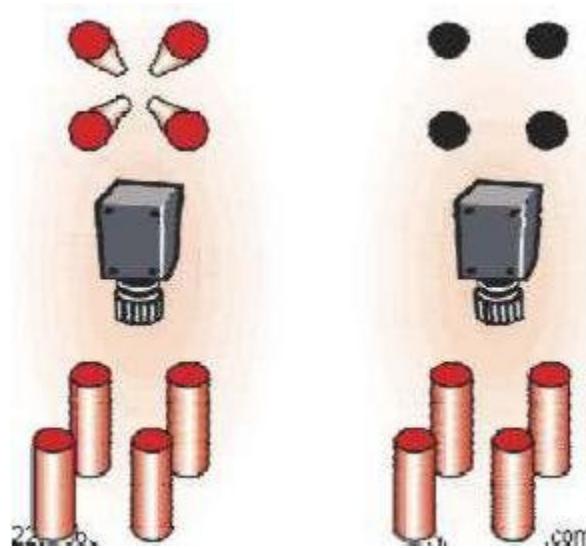
根据镜头的分类我们可以分为：定倍镜头、变焦镜头、远心镜头、高精度度或百万像素镜头等。

特殊用途的镜头

显微镜头（Micro），一般是指成像比例大于 10:1 的拍摄系统所用，但由于现在的摄像机的像元尺寸已经做到 3 微米以内，所以一般成像比例大于 2:1 时也会选用显微镜头。

微距镜头（Macro），一般是指成像比例为 2:1~1:4 的范围内的特殊设计的镜头。在对图像质量要求不是很高的情况下，一般可采用在镜头和摄像机之间加近摄接圈的方式或在镜头前加近拍镜的方式达到放大成像的效果。

远心镜头（Telecentric），主要是为纠正传统镜头的视差而特殊设计的镜头，它可以在一定的物距范围内，使得到的图像放大倍率不会随物距的变化而变化，这对被测物不在同一物面上的情况是非常重要的应用。



远心镜头的应用实例

紫外镜头 (Ultraviolet) 和红外镜头 (Infrared)，一般镜头是针对可见光范围内的使用设计的，由于同一光学系统对不同波长的光线折射率的不同，导致同一点发出的不同波长

的光成像时不能会聚成一点，产生色差。常用镜头的消色差设计也是针对可见光范围的，紫外镜头和红外镜头即是专门针对紫外线和红外线进行设计的镜头。

镜头的主要参数及对成像质量的影响

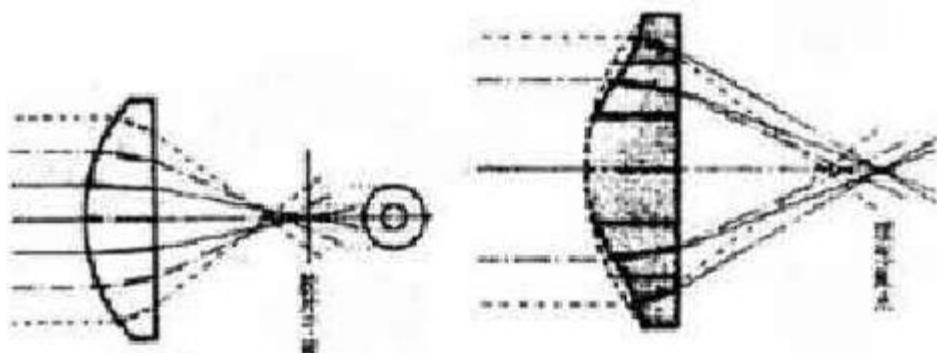
镜头分不同类型，但即使对于同一类型的镜头，其成像质量也有着很大的差异，这主要是由于材质、加工精度和镜片结构的不同等因素造成的，同时也导致不同档次的镜头价格从几百元到几万元的巨大差异。比较著名的如四片三组式天塞镜头、六片四组式双高斯镜头。对于镜头设计及生产厂家，一般用光学传递函数 OTF (Optical Transfer Function) 来综合评价镜头成像质量，光学系统传递的是亮度沿空间分布的信息，光学系统在传递被摄景物信息时，被传递之各空间频率的正弦波信号，其调制度和位相在成实际像时的变化，均为空间频率的函数，此函数称为光学传递函数。OTF 一般由调制传递函数 MTF

(Modulation Transfer Function) 与位相传递函数 PTF (Phase Transfer Function) 两部分组成。

像差是影响图像质量的重要方面，常见的像差有如下六种：

球差：由主轴上某一物点向光学系统发出的单色圆锥形光束，经该光学系统折射后，若原光束不同孔径角的各光线，不能交于主轴上的同一位置，以至在主轴上的理想像平面处，形成一弥散光斑（俗称模糊圈），则此光学系统的成像误差称为球差。

镜头的主要参数及对成像质量的影响

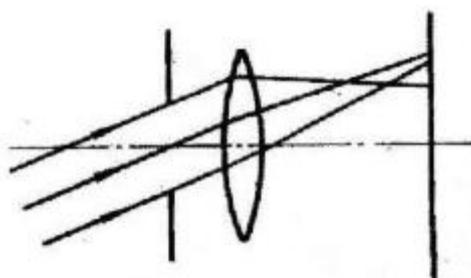


a. 普通透镜的球差

b. 非球面透镜的校正球差原理

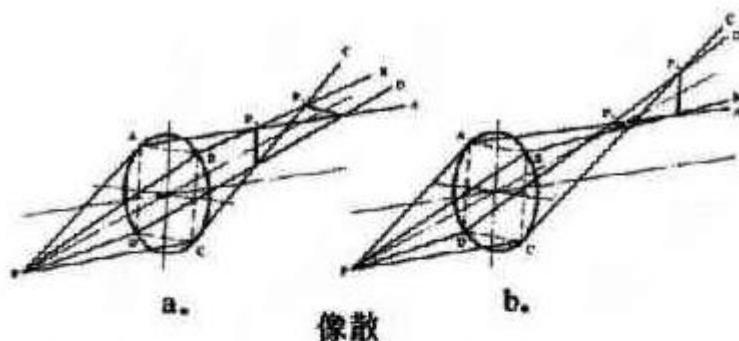
球差

慧差：由位于主轴外的在理想像平面处不能结成清晰点，而是结成拖着明亮尾巴的慧星形光斑，则此光学系统的成像误差称为慧差。

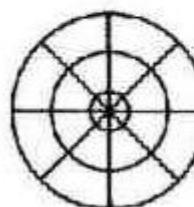


慧差

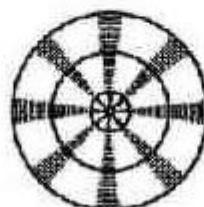
像散：由位于主轴外的某一轴外物点，向光学系统发出的斜射单色圆锥形光束，经该光学系统折射后，不能结成一个清晰像点，而只能结成一弥散光斑，则此光学系统的成像误差称为像散。



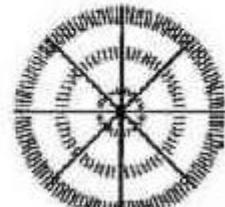
像散



a. 物体



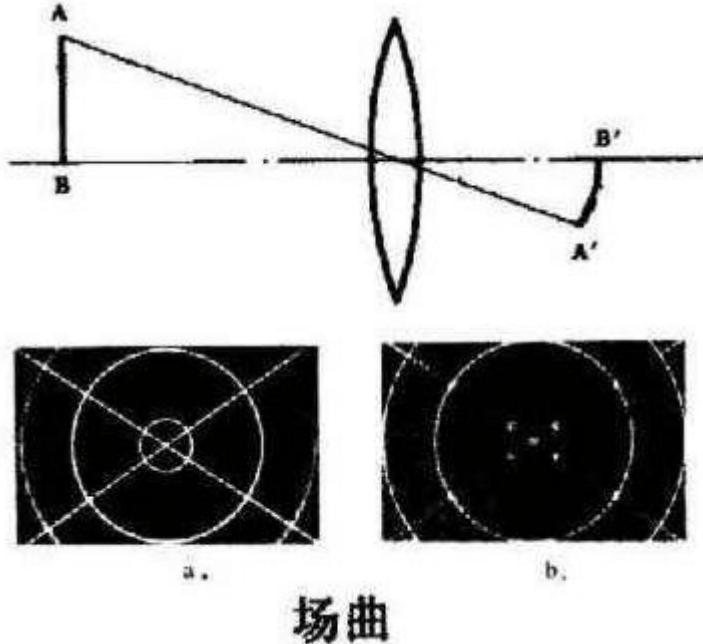
b. t像面



c. s像面

像散

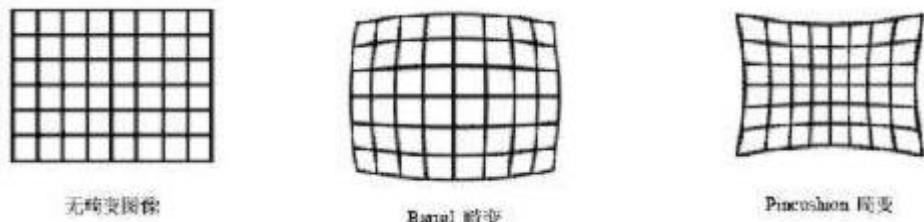
场曲：垂直于主轴的平面物体经光学系统所结成的清晰影像，若不在一垂直于主轴的像平面内，而在一以主轴为对称的弯曲表面上，即最佳像面为一曲面，则此光学系统的成像误差称为场曲。当调焦至画面中央处的影像清晰时，画面四周的影像模糊；而当调焦至画面四周处的影像清晰时，画面中央处的影像又开始模糊。



场曲

色差：由白色物体向光学系统发出一束白光，经光学系统折射后，各色光不能会聚于一点上，而形成一彩色像斑，称为色差。色差产生的原因是同一光学玻璃对不同波长的光线的折射率不同，短波光折射率大，长波光折射率小。

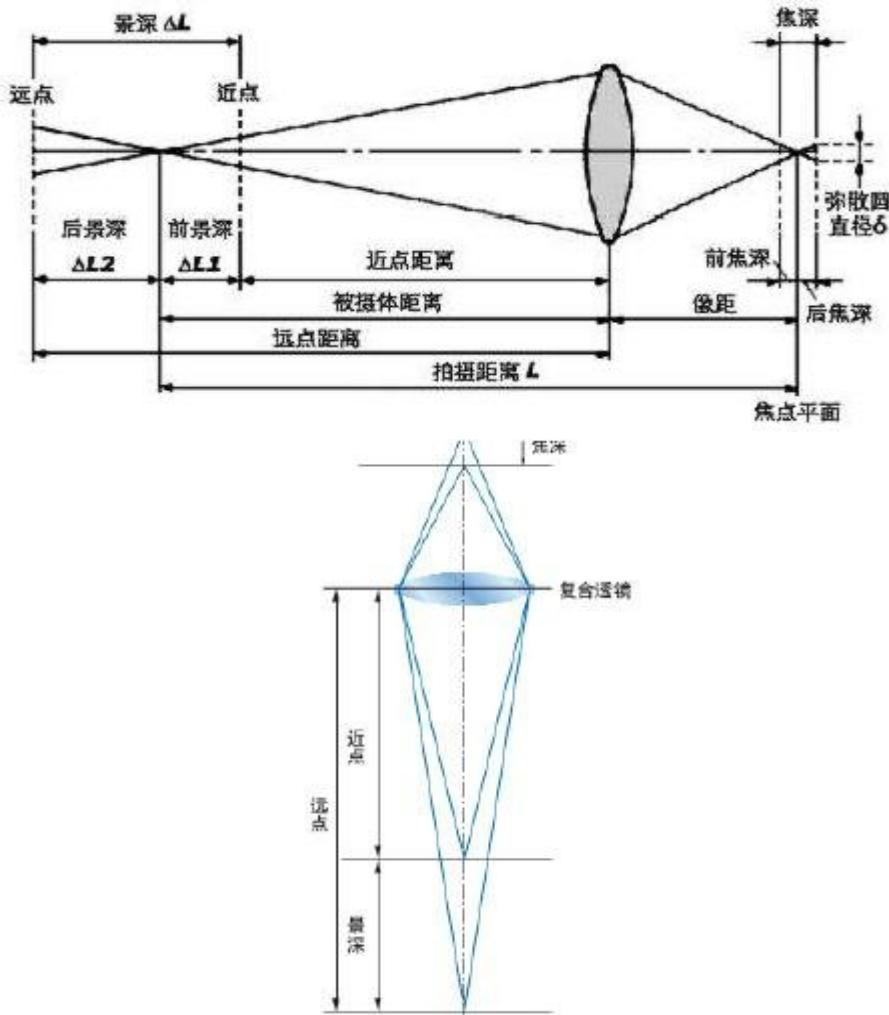
畸变：被摄物平面内的主轴外直线，经光学系统成像后变为曲线，则此光学系统的成像误差称为畸变。畸变像差只影响影像的几何形状，而不影响影像的清晰度。这是畸变与球差、慧差、像散、场曲之间的根本区别。



我们在评价镜头质量时一般还会从分辨率、明锐度和景深等几个实用参数判断：

1. 分辨率 (Resolution)：又称鉴别率、解像力，指镜头清晰分辨被摄景物纤维细节的能力，制约镜头分辨率的原因是光的衍射现象，即衍射光斑 (爱里斑)。分辨率的单位是“线对/毫米” (1p/mm)。
2. 明锐度 (Acutance)：也称对比度，是指图像中最亮和最暗的部分的对比度。

3. 景深 (DOF): 在景物空间中, 位于调焦物平面前后一定距离内的景物, 还能够结成相对清晰的影像。上述位于调焦物平面前后的能结成相对清晰影像的景物间之纵深距离, 也就是能在实际像平面上获得相对清晰影像的景物空间深度范围, 称为景深。



4. 最大相对孔径与光圈系数: 相对孔径, 是指该镜头的入射光孔直径 (用 D 表示) 与焦距 (用 f 表示) 之比, 即: 相对孔径 $= D/f$ 。相对孔径的倒数称为光圈系数 (aperturescale), 又称为 f /制光圈系数或光孔号码。一般镜头的相对孔径是可以调节的, 其最大相对孔径或光圈系数往往标示在镜头上, 如 1:1.2 或 $f/1.2$ 。如果拍摄现场的光线较暗或曝光时间很短, 则需要尽量选择最大相对孔径较大的镜头。

镜头的选型与应用

镜头各参数间的相互影响关系

FA 镜头图像质量好, 是工业自动化检测中经常被选用的镜头。

选择镜头时需要考虑如下几个方面: 视场 (目标尺寸)、传感器尺寸、放大倍数、传感器色彩、像素尺寸、是否红外滤镜、工作波长、光阑大小、摄像机接

口、景深、工作距离、系统尺寸、对于电机驱动镜头，需要考虑驱动信号、环境温度、振动、防尘要求、畸变要求。

一个好的镜头，在分辨率、明锐度、景深等方面都有很好的体现，对各种像差的校正也比较好，但同时其价格也会几倍甚至上百倍的提高。如果我们掌握一些规律和经验，就可以使用同档次的镜头达到更好的效果。

1. 焦距大小的影响情况

焦距越小，景深越大；

焦距越小，畸变越大；

焦距越小，渐晕现象越严重，使像差边缘的照度降低；

2. 光圈大小的影响情况

光圈越大，图像亮度越高；

光圈越大，景深越小；

光圈越大，分辨率越高；

3. 像场中央与边缘

一般像场中心较边缘分辨率高

一般像场中心较边缘光场照度高

4. 光波长度的影响

在相同的摄像机及镜头参数条件下，照明光源的光波波长越短，得到的图像的分辨力越高。所以在需要精密尺寸及位置测量的视觉系统中，尽量采用短波长的单色光作为照明光源，对提高系统精度有很大的作用。

5. 工业摄像机主要参数 工业镜头基本概念

摄像机是机器视觉系统中的一个关键组件，其最本质的功能就是将光信号转变成为有序的电信号。选择合适的摄像机也是机器视觉系统设计中的重要环节，摄像机的不仅是直接决定所采集到的图像分辨率、图像质量等，同时也与整个系统的运行模式直接相关。

主要参数

1. 分辨率 (Resolution)：摄像机每次采集图像的像素点数 (Pixels)，对于数字摄像机一般是直接与光电传感器的像元数对应的，对于模拟摄像机则是取决于视频制式，PAL 制为 768*576，NTSC 制为 640*480。

2. 像素深度 (PixelDepth)：即每像素数据的位数，一般常用的是 8Bit，对于数字摄像机一般还会有 10Bit、12Bit 等。

3. 最大帧率 (FrameRate) / 行频 (LineRate)：摄像机采集传输图像的速度，对于面阵摄像机一般为每秒采集的帧数 (Frames/Sec.)，对于线阵摄像机为每秒采集的行数 (Hz)。

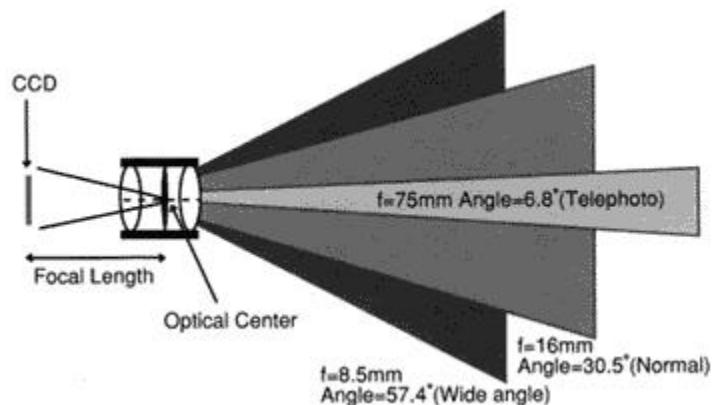
4. 曝光方式 (Exposure) 和快门速度 (Shutter)：对于线阵摄像机都是逐行曝光的方式，可以选择固定行频和外触发同步的采集方式，曝光时间可以与行周期一致，也可以设定一个固定的时间；面阵摄像机有帧曝光、场曝光和滚动行曝光等几种常见方式，数字摄像机一般都提供外触发采图的功能。快门速度一般可到 10 微秒，高速摄像机还可以更快。

5. 像元尺寸 (PixelSize)：像元大小和像元数 (分辨率) 共同决定了摄像机靶面的大小。目前数字摄像机像元尺寸一般为 $3 \mu\text{m}$ – $10 \mu\text{m}$ ，一般像元尺寸越小，制造难度越大，图像质量也越不容易提高。

6. 光谱响应特性 (SpectralRange)：是指该像元传感器对不同光波的敏感特性，一般响应范围是 350nm–1000nm，一些摄像机在靶面前加了一个滤镜，滤除红外光线，如果系统需要对红外感光时可去掉该滤镜。

焦距

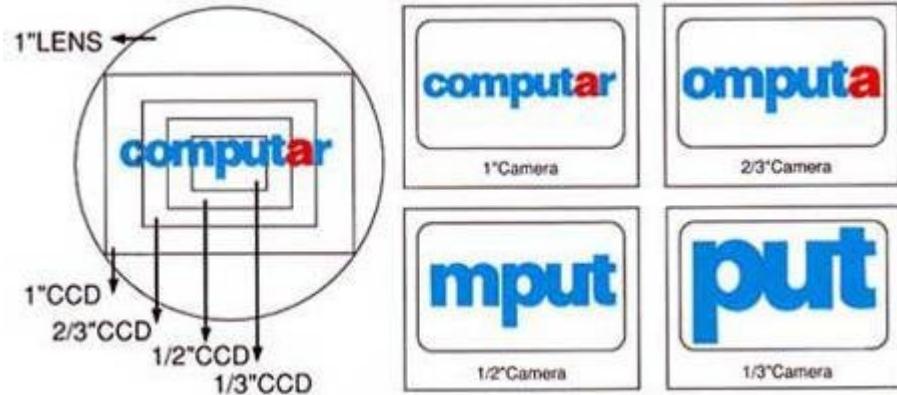
镜头的焦距以毫米为计量单位，它与镜头所获得的观察视角互为因果，小焦距镜头具有大的观察视角，而长焦距镜头具有望远效果并具有窄小的观察视角。通常把和人眼的观察视角相似的镜头称作普通标准镜头。COMPUTAR 的计算尺是一个估算焦距，被观察物体外形尺寸以及视角的便利工具，此外 VM300 取景器也是另一款用于选择焦距的光学设备



镜头规格

摄像机映像传感器 (CCD) 的规格大小也影响着观察视角，在使用相同的条件下，CCD 越小所获取的视角越小。对镜头的规格参数提出的要球是其所成图像能传感器 (CCD) 全部覆盖，例如：使用和摄像机同一规格的镜头或比摄像机规格大的镜头。这也意味着 $1/3"$ 规格的摄像机可以使用 $1/3" \sim 1"$ 整个范围内的镜头，该摄像机配接 $1/3" 8\text{mm}$ 的镜头所得到的观察视角是一样的。只是由于使用后一种镜头时由于更多地利用了成型更精确镜头中心光路，

所以可提供较好的图像质量和较高分辨率。

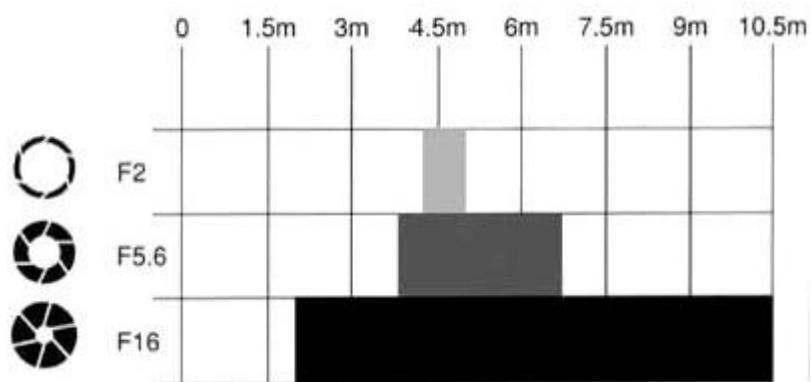


光圈值：

镜头通常以镜头口径值进行计量，当镜头完全打开时定义为最大光圈（最小光圈数值），把镜头的有效口径调至最小时（不完全关闭时）的数值定义为最小光圈（最大光圈数值）。光圈值对最终图像有着诸多影响，光圈数值小，意味着该镜头在黑暗的环境下能通过更多的光线，使摄像机能够呈现更好的图像，而在高亮度或高反射的环境下，具有高光圈数值的镜头将会避免摄像机成像“白化”，保持稳定的视频电平。所有自动光圈均配有中性不透明滤光片以增大圈值。光圈值对景深也有直接影响。

景深：

观察整个区域范围内能被清晰成像的区域被定义为景深。景深大意味着从靠近镜头的广场目标到无穷远之目标在所观察的整体区域中有更多区域能清晰成像。整体区域通常为从靠近镜头的观察目标到无穷远，景深小就意味着只有较小部分区域可以清晰成像。景深的大小受诸多因素的影响，通常广角镜头比长焦镜头具有更大的景深，大的光圈值具有大的景深范围。对于自动光圈镜头而言，光圈的不断调整也意味着景深大小的相应变化，夜间自动光圈全部打开，此时的景深范围达到它的最小值，这也意味着白天清晰观察到的目标此时可能变得模糊。



自动和手动光圈

通常我们倾向于在光线变化大的室外使用自动光圈镜头，在光线基本保持恒定的室内场所使用手动光圈镜头。随着摄像

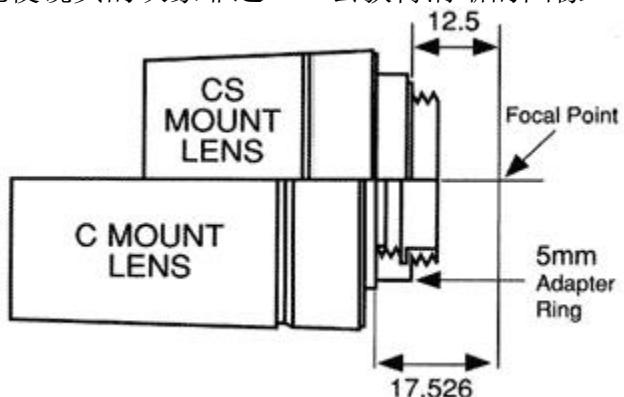
机具有了电子快门可以进行电子补偿，现在也可以在光像变化的场所使用手动光圈镜头，然而对于这种使用形式有些因素需要予以考虑，光圈数值的设定变得更为严格，如果为使摄像机能在夜间工作而将光圈开启到最大，将会使得景深范围很小，导致即使在白天也很难获取清晰的图像，摄像机虽可以保持输出电平的稳定，但不能相应地保持景深的大小。如若为了增大 ccd 工作原理

和直接驱动：

自动光圈镜头必须通过控制光圈的操作以达到最佳的图像效果。视频驱动自动光圈镜头内含放大电路，可将摄像机的视频号进行转换从而对光圈进行控制。直接驱动的自动光圈镜头由于只含了检流计型光圈马达，价格较视频驱动型便宜，但要求其所使用的摄像机必须内置放大电路。选择两种自动光圈镜头依据是其所使用的摄像机具有何种自动光圈驱动形式，通常现今情况下摄像机均具有两种驱动形式。

C 型和 CS 型：

现在的摄像机和镜头通常都是 CS 型接口，CS 型摄像机可以和 C 型和 CS 型的镜头相配接，一旦 C 型镜头配接时，需要在摄像机和镜头之间加接 5mm 接配环 (VM400) 以获得清晰的图像。C 型接口的摄像机不能同 CS 型的镜头相配接。因为实际上不可能使镜头的映象靠近 CCD 去获得清晰的图像。



6. LED 专业术语解释

色温：

以绝对温度 K 来表示，即将一标准黑体加热，温度升高到一定程度时颜色开始由深红-浅红-橙黄-白-蓝，逐渐改变，某光源与黑体的颜色相同时，我们将黑体当时的绝对温度称为该光源之色温。

因相关色温度事实上是以黑体辐射接近光源光色时，对该光源光色表现的评价，而非一种精确的颜色对比，故具相同色温值的二光源，可能在光色外观上仍有些许差异。仅凭色温无法了解光源对物体的显色能力，或在该光源下物体颜色的再现如何。

不同光源环境的相关色温度

光源	色温
----	----

北方晴空

阴天	6500-7500k
夏日正午阳光	5500k
金属卤化物灯	4000-4600k
下午日光	4000k
冷色荧光灯	4000-5000k
高压汞灯	3450-3750k
暖色荧光灯	2500-3000k
卤素灯	3000k
钨丝灯	2700k
高压钠灯	1950-2250k
蜡烛光	2000k

光源色温不同，光色也不同：

色温在 3300K 以下，光色偏红给以温暖的感觉；有稳重的气氛，温暖的感觉；色温在 3000--6000K 为中间，人在此色调下无特别明显的视觉心理效果，有爽快的感觉；故称为“中性”色温。

色温超过 6000K，光色偏蓝，给人以清冷的感觉，

a. 色温与亮度 高色温光源照射下，如亮度不高则给人们有一种阴气的气氛；低色温光源照射下，亮度过高会给人们有一种闷热感觉。

b. 光色的对比 在同一空间使用两种光色差很大的光源，其对比将会出现层次效果，光色对比大时，在获得亮度层次的同时，又可获得光色的层次。

采用低色温光源照射，能使红色更鲜艳；

采用中色温光源照射，使蓝色具有清凉感；

采用高色温光源照射，使物体有冷的感觉。

显色性：

光源对物体本身颜色呈现的程度称为显色性，也就是颜色逼真的程度；光源的显色性是由显色指数来表明，它表示物体在光下颜色比基准光（太阳光）照明时颜色的偏离，能较全面反映光源的颜色特性。显色性高的光源对颜色表现较好，我们所见到的颜色也就接近自然色，显色性低的光源对颜色表现较差，我们所见到的颜色偏差也较大。国际照明委员会 CIE 把太阳的显色指数定为 100，各类光

源的显色指数各不相同，如：高压钠灯显色指数 $R_a=23$ ，荧光灯管显色指数 $R_a=60\sim 90$ 。

显色分两种

忠实显色：能正确表现物质本来的颜色需使用显色指数(R_a)高的光源，其数值接近100，显色性最好。

效果显色：要鲜明地强调特定色彩，表现美的生活可以利用加色法来加强显色效果。光效：

衡量光源节能的重要指标，就是光源发出的光通量除以光源所消耗的功率。单位：流明/瓦(lm/w)。

标准光源：

我们知道，照明光源对物体的颜色影响很大。不同的光源，有着各自的光谱能量分布及颜色，在它们的照射下物体表面呈现的颜色也随之变化。为了统一对颜色的认识，首先必须要规定标准的照明光源。因为光源的颜色与光源的色温密切相关，所以CIE规定了四种标准照明体的色温标准：

标准照明体A：代表完全辐射体在2856K发出的光($X_0=109.87$, $Y_0=100.00$, $Z_0=35.59$)；

标准照明体B：代表相关色温约为4874K的直射阳光($X_0=99.09$, $Y_0=100.00$, $Z_0=85.32$)；

标准照明体C：代表相关色温大约为6774K的平均日光，光色近似阴天天空的日光($X_0=98.07$, $Y_0=100.00$, $Z_0=118.18$)；

标准照明体D65：代表相关色温大约为6504K的日光($X_0=95.05$, $Y_0=100.00$, $Z_0=108.91$)；

标准照明体D：代表标准照明体D65以外的其它日光。

CIE规定的标准照明体是指特定的光谱能量分布，是规定的光源颜色标准。它并不是必须由一个光源直接提供，也并不一定用某一光源来实现。为了实现CIE规定的标准照明体的要求，还必须规定标准光源，以具体实现标准照明体所要求的光谱能量分布。CIE推荐下列人造光源来实现标准照明体的规定：

标准光源A：色温为2856K的充气螺旋钨丝灯，其光色偏黄。

标准光源B：色温为4874K，由A光源加罩B型D-G液体滤光器组成。光色相当于中午日光。

标准光源C：色温为6774K，由A光源加罩C型D-G液体滤光器组成，光色相当于有云的天空光。

CIE 标准照明体 A、B、C 由标准光源 A、B、C 实现，但对于模拟典型日光的标准照明体 D65，目前 CIE 还没有推荐相应的标准光源。因为它的光谱能量分布在目前还不能由真实的光源准确地实现。当前国际上正在进行着与标准照明体 D65 相对应的标准光源的研制工作。

现在研制的三种模拟 D65 人造光源分别为：带滤光器的高压氙弧灯、带滤光器的白炽灯和荧光灯。它们的相对光谱能量分布与 D65 有所符合，带滤光器的高压氙弧灯提供了最好的模拟，带滤光器的白炽灯在紫外区的模拟尚不太理想，荧光灯的模拟较差。为了满足精细辨色生产活动的需要，还有采用荧光灯和带滤器的白炽灯组成的混光光源，称为 D75 光源。其色温可达 7500K。主要运用在原棉评级等精细辨色工作中。

Lab 模式：

Lab 模式是一般人较为陌生的色彩模式，这个模式的色彩定义是由国际照明委员会 CIE 所制定的，也是目前所有模式中涵盖色彩范围最广的模式。它的特色是对色彩的描述完全采用数学方式，与系统及设备无关，因此它可以无偏差地在系统与平台间进行转换。

Lab 模式是以一个亮度分量 L (Lightness) —— 范围是 0-100；以及两个颜色分量 a 与 b 来表示颜色。a 分量是由绿色演变到红色——范围是 -120-120；而 b 分量则是由蓝色演变到黄色——范围是 -120-120

7. LED 主要参数与特性

LED 是利用化合物材料制成 pn 结的光电器件。它具备 pn 结结型器件的电学特性：I-V 特性、C-V 特性和光学特性：光谱响应特性、发光光强指向特性、时间特性以及热学特性。1、LED 电学特性

1.1 I-V 特性 表征 LED 芯片 pn 结制备性能主要参数。LED 的 I-V 特性具有非线性、整流性质：单向导电性，即外加正偏压表现低接触电阻，反之为高接触电阻。

如左图：

(1) 正向死区：(图 oa 或 oa' 段) a 点对于 V_0 为开启电压，当 $V < V_a$ ，外加电场尚克服不少因载流子扩散而形成势垒电场，此时 R 很大；开启电压对于不同 LED 其值不同，GaAs 为 1V，红色 GaAsP 为 1.2V，GaP 为 1.8V，GaN 为 2.5V。

(2) 正向工作区：电流 I_F 与外加电压呈指数关系

$$I_F = I_S (e^{qVF/KT} - 1) \quad I_S \text{ 为反向饱和电流}.$$

$V > 0$ 时， $V > V_F$ 的正向工作区 I_F 随 V_F 指数上升 $I_F = I_S e^{qVF/KT}$

(3) 反向死区： $V < 0$ 时 pn 结加反偏压

$V = -V_R$ 时，反向漏电流 I_R ($V = -5V$) 时，GaP 为 0V，GaN 为 10uA。

(4) 反向击穿区 $V < -VR$, VR 称为反向击穿电压; VR 电压对应 IR 为反向漏电流。当反向偏压一直增加使 $V < -VR$ 时, 则出现 IR 突然增加而出现击穿现象。由于所用化合物材料种类不同, 各种 LED 的反向击穿电压 VR 也不同。

1. 2C-V 特性

鉴于 LED 的芯片有 $9 \times 9\text{mil}$ ($250 \times 250\text{um}$), $10 \times 10\text{mil}$, $11 \times 11\text{mil}$ ($280 \times 280\text{um}$), $12 \times 12\text{mil}$ ($300 \times 300\text{um}$), 故 pn 结面积大小不一, 使其结电容 (零偏压) $C \approx n \cdot p\text{f}$ 左右。

C-V 特性呈二次函数关系 (如图 2)。由 1MHZ 交流信号用 C-V 特性测试仪测得。

1. 3 最大允许功耗 PF_m

当流过 LED 的电流为 IF 、管压降为 UF 则功率消耗为 $P = UF \times IF$

LED 工作时, 外加偏压、偏流一定促使载流子复合发出光, 还有一部分变为热, 使结温升高。若结温为 T_j 、外部环境温度为 T_a , 则当 $T_j > T_a$ 时, 内部热量借助管座向外传热, 散逸热量 (功率), 可表示为 $P = KT (T_j - T_a)$ 。

1. 4 响应时间

响应时间表征某一显示器跟踪外部信息变化的快慢。现有几种显示 LCD(液晶显示) 约 $10^{-3} \sim 10^{-5}\text{S}$, CRT、PDP、LED 都达到 $10^{-6} \sim 10^{-7}\text{S}$ (us 级)。

① 响应时间从使用角度来看, 就是 LED 点亮与熄灭所延迟的时间, 即图中 t_r 、 t_f 。图中 t_0 值很小, 可忽略。

② 响应时间主要取决于载流子寿命、器件的结电容及电路阻抗。

LED 的点亮时间——上升时间 t_r 是指接通电源使发光亮度达到正常的 10% 开始, 一直到发光亮度达到正常值的 90% 所经历的时间。

LED 熄灭时间——下降时间 t_f 是指正常发光减弱至原来的 10% 所经历的时间。

不同材料制得的 LED 响应时间各不相同; 如 GaAs、GaAsP、GaAlAs 其响应时间 $< 10^{-9}\text{S}$, GaP 为 10^{-7}S 。因此它们可用在 $10 \sim 100\text{MHZ}$ 高频系统。

2 LED 光学特性

发光二极管有红外 (非可见) 与可见光两个系列, 前者可用辐射度, 后者可用光度学来量度其光学特性。

2. 1 发光法向光强及其角分布 $I(\theta)$

2. 1. 1 发光强度 (法向光强) 是表征发光器件发光强弱的重要性能。LED 大量应用要求是

圆柱、圆球封装，由于凸透镜的作用，故都具有很强指向性：位于法向方向光强最大，其与水平面交角为 90° 。当偏离正法向不同 θ 角度，光强也随之变化。发光强度随着不同封装形状而强度依赖角方向。

2.1.2 发光强度的角分布 $I(\theta)$ 是描述 LED 发光在空间各个方向上光强分布。它主要取决于封装的工艺（包括支架、模粒头、环氧树脂中添加散射剂与否）

(1) 为获得高指向性的角分布（如图 1）

- ① LED 管芯位置离模粒头远些；
- ② 使用圆锥状（子弹头）的模粒头；
- ③ 封装的环氧树脂中勿加散射剂。

采取上述措施可使 LED 的 $\theta_{1/2} = 6^\circ$ 左右，大大提高了指向性。

(2) 当前几种常用封装的散射角（ $2\theta_{1/2}$ 角）圆形 LED： 5° 、 10° 、 30° 、 45°

2.2 发光峰值波长及其光谱分布

(1) LED 发光强度或光功率输出随着波长变化而不同，绘成一条分布曲线——光谱分布曲线。当此曲线确定之后，器件的有关主波长、纯度等相关色度学参数亦随之而定。LED 的光谱分布与制备所用化合物半导体种类、性质及 pn 结结构（外延层厚度、掺杂杂质）等有关，而与器件的几何形状、封装方式无关。

下图绘出几种由不同化合物半导体及掺杂制得 LED 光谱响应曲线。其中

LED 光谱分布曲线

1 蓝光 InGaN/GaN 2 绿光 GaP:N 3 红光 GaP:Zn-0

4 红外 GaAs5Si 光敏光电管 6 标准钨丝灯

- ① 是蓝色 InGaN/GaN 发光二极管，发光谱峰 $\lambda_p = 460 \sim 465 \text{ nm}$ ；
- ② 是绿色 GaP:N 的 LED，发光谱峰 $\lambda_p = 550 \text{ nm}$ ；
- ③ 是红色 GaP:Zn-0 的 LED，发光谱峰 $\lambda_p = 680 \sim 700 \text{ nm}$ ；
- ④ 是红外 LED 使用 GaAs 材料，发光谱峰 $\lambda_p = 910 \text{ nm}$ ；
- ⑤ 是 Si 光电二极管，通常作光电接收用。

由图可见，无论什么材料制成的 LED，都有一个相对光强度最强处（光输出最大），与之相对应有一个波长，此波长叫峰值波长，用 λ_p 表示。只有单色光才有 λ_p 波长。

(2) 谱线宽度：在 LED 谱线的峰值两侧 $\pm \lambda$ 处，存在两个光强等于峰值（最大光强度）一半的点，此两点分别对应 $\lambda_{p-} \pm \lambda$ ， $\lambda_{p+} \pm \lambda$ 之间宽度叫谱线宽度，也称半功率宽度或半高宽度。

半高宽度反映谱线宽窄，即 LED 单色性的参数，LED 半宽小于 40nm。

(3) 主波长：有的 LED 发光不单是单一色，即不仅有一个峰值波长；甚至有多个峰值，并非单色光。为此描述 LED 色度特性而引入主波长。主波长就是人眼所能观察到的，由 LED 发出主要单色光的波长。单色性越好，则 λ_p 也就是主波长。

如 GaP 材料可发出多个峰值波长，而主波长只有一个，它会随着 LED 长期工作，结温升高而主波长偏向长波。

2.3 光通量

光通量 F 是表征 LED 总光输出的辐射能量，它标志器件的性能优劣。 F 为 LED 向各个方向发光的能量之和，它与工作电流直接有关。随着电流增加，LED 光通量随之增大。可见光 LED 的光通量单位为流明 (lm)。

LED 向外辐射的功率——光通量与芯片材料、封装工艺水平及外加恒流源大小有关。目前单色 LED 的光通量最大约 11lm，白光 LED 的 $F \approx 1.5 \sim 1.81\text{lm}$ (小芯片)，对于 $1\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的功率级芯片制成白光 LED，其 $F=181\text{lm}$ 。

2.4 发光效率和视觉灵敏度

① LED 效率有内部效率 (pn 结附近由电能转化成光能的效率) 与外部效率 (辐射到外部的效率)。前者只是用来分析和评价芯片优劣的特性。

LED 光电最重要的特性是用辐射出光能量 (发光量) 与输入电能之比，即发光效率。② 视觉灵敏度是使用照明与光度学中一些参量。人的视觉灵敏度在 $\lambda = 555\text{nm}$ 处有一个最大值 6801lm/w 。若视觉灵敏度记为 K_λ ，则发光能量 P 与可见光通量 F 之间关系为 $P = \int P \lambda d\lambda$ ； $F = \int K_\lambda P \lambda d\lambda$

③ 发光效率——量子效率 $\eta = \text{发射的光子数}/\text{pn 结载流子数} = (e/hcI) \int \lambda P \lambda d\lambda$

若输入能量为 $W=UI$ ，则发光能量效率 $\eta = P/W$

若光子能量 $hc=ev$ ，则 $\eta \approx \eta P$ ，则总光通 $F = (F/P) P = K \eta PW$ 式中 $K = F/P$

④ 流明效率：LED 的光通量 F /外加耗电功率 $W = K \eta P$

它是评价具有外封装 LED 特性，LED 的流明效率高指在同样外加电流下辐射可见光的能量较大，故也叫可见光发光效率。

以下列出几种常见 LED 流明效率 (可见光发光效率)：

LED 发光颜色 λ_p (nm) 材料 可见光发光效率 (lm/w) 外量子效率

最高值 平均值

红光 700660650GaP:Zn-GaAlAsGaAsP2. 40. 270. 38120. 50. 51~30. 30. 2

黄光 590GaP:N-N0. 450. 1

绿光 555GaP:N4. 20. 70. 015~0. 15

蓝光 465GaN10

白光 谱带 GaN+YAG 小芯片 1.6, 大芯片 18

品质优良的 LED 要求向外辐射的光能量大, 向外发出的光尽可能多, 即外部效率要高。事实上, LED 向外发光仅是内部发光的一部分, 总的发光效率应为

$\eta = \eta_i \eta_c \eta_e$, 式中 η_i 为 p、n 结区少子注入效率, η_c 为在势垒区少子与多子复合效率, η_e 为外部出光 (光取出效率) 效率。

由于 LED 材料折射率很高 $\eta_i \approx 3.6$ 。当芯片发出光在晶体材料与空气界面时 (无环氧封装) 若垂直入射, 被空气反射, 反射率为 $(n_1-1)^2 / (n_1+1)^2 = 0.32$, 反射出的占 32%, 鉴于晶体本身对光有相当一部分的吸收, 于是大大降低了外部出光效率。

为了进一步提高外部出光效率 η_e 可采取以下措施: ① 用折射率较高的透明材料 (环氧树脂 $n=1.55$ 并不理想) 覆盖在芯片表面; ② 把芯片晶体表面加工成半球形;

③ 用 E_g 大的化合物半导体作衬底以减少晶体内光吸收。有人曾经用 $n=2.4 \sim 2.6$ 的低熔点玻璃 [成分 As-S(Se)-Br(I)] 且热塑性大的作封帽, 可使红外 GaAs、GaAsP、GaAlAs 的 LED 效率提高 4~6 倍。

2.5 发光亮度

亮度是 LED 发光性能又一重要参数, 具有很强方向性。其正法线方向的亮度 $B_0=I_0/A$, 指定某方向上发光体表面亮度等于发光体表面上单位投射面积在单位立体角内所辐射的光通量, 单位为 cd/m^2 或 Nit 。

若光源表面是理想漫反射面, 亮度 B_0 与方向无关为常数。晴朗的蓝天和荧光灯的表面亮度约为 7000Nit (尼特), 从地面看太阳表面亮度约为 $14 \times 10^8 Nit$ 。

LED 亮度与外加电流密度有关, 一般的 LED, J_0 (电流密度) 增加 B_0 也近似增大。另外, 亮度还与环境温度有关, 环境温度升高, η_c (复合效率) 下降, B_0 减小。当环境温度不变, 电流增大足以引起 pn 结结温升高, 温升后, 亮度呈饱和状态。

2.6 寿命

老化: LED 发光亮度随着长时间工作而出现光强或光亮度衰减现象。器件老化程度与外加恒流源的大小有关, 可描述为 $B_t = B_0 e^{-t/\tau}$, B_t 为 t 时间后的亮度, B_0 为初始亮度。

通常把亮度降到 $B_t=1/2B_0$ 所经历的时间 t 称为二极管的寿命。测定 t 要花很长的时间, 通常以推算求得寿命。测量方法: 给 LED 通以一定恒流源, 点燃 $10^3 \sim 10^4$ 小时后, 先后测得 B_0 , $B_t=1000 \sim 10000$, 代入 $B_t=B_0 e^{-t/\tau}$ 求出 τ ; 再把 $B_t=1/2B_0$ 代入, 可求出寿命 t 。长期以来总认为 LED 寿命为 106 小时, 这是指导单个 LED 在 $IF=20mA$ 下。随着功率型 LED 开发应用, 国外学者认为以 LED 的光衰减百分比数值作为寿命的依据。如 LED 的光衰减为原来 35%, 寿命 $> 6000h$ 。

3 热学特性

LED 的光学参数与 pn 结结温有很大的关系。一般工作在小电流 $IF < 10mA$ ，或者 $10 \sim 20mA$ 长时间连续点亮 LED 温升不明显。若环境温度较高，LED 的主波长或 λ_p 就会向长波长漂移， $B0$ 也会下降，尤其是点阵、大显示屏的温升对 LED 的可靠性、稳定性影响应专门设计散热通风装置。

LED 的主波长随温度关系可表示为 $\lambda_p(T') = \lambda_0(T_0) + \Delta T_g \times 0.1nm/^\circ C$

由式可知，每当结温升高 $10^\circ C$ ，则波长向长波漂移 $1nm$ ，且发光的均匀性、一致性变差。这对于作为照明用的灯具光源要求小型化、密集排列以提高单位面积上的光强、光亮度的设计尤其应注意用散热好的灯具外壳或专门通用设备、确保 LED 长期工作。

8. 高亮度 LED 的结构特点和应用

虽然 LED 是电流器件——高亮度 LED 也不例外，但汽车尾灯、刹车、转向信号照明等应用场合仍能受益于电压驱动器结构。当效率更高的 LED 可供使用时，零售店和住宅的 LED 室内照明将可能很快出现。LED 制造商们只是刚刚开始解决高色温光源问题。

由于高亮度 LED 制造工艺、器件设计、组装技术三方面的进展，LED 发光器的性能一直在提高，其成本一直在降低，性能提高和成本降低的速度都令人难忘。PN 结设计、再辐射磷光体和透镜结构都有助于提高效率，因此也有助于提高可获得的光输出（附文《实验室中的 LED》）。就高输出白光 LED 而言，宽光谱性能的提高使人对普通照明用的低维护高能效光源抱有希望。

虽然实现可与标准荧光灯媲美的 LED 效率还需要一段时间，但正如半导体照明行业协会 (Semiconductor Lighting Industry Association) 主席 YungSLiu 所说：“LED 灯也是比较环保的产品，因为它与荧光灯不一样，不使用水银。”

固态照明在成分和工作效率方面的环保优势目前并不是主要的市场推动因素，但确实使这种技术及其供应商有了良好的形象。

与此同时，在各种领域工作的 OEM 设计师和推销人员一直在扩大固态照明的实际应用范围，并一直密切注视着市场的接受程度。然而，最终用户在固体照明设备寿命内的成本利益体验各不相同，这与传统照明设备大相径庭。这个事实使市场的价值观变复杂化。与钨丝灯泡和荧光灯泡相比，高亮度 LED 的使用成本和维护成本低得多，这就可以抵消 LED 较高的初始成本。尽管以上论述也是很吸引人的，但却令其在“价格第一，其它第二”思想倾向支配的消费市场上造成很大的推销难度。

灯夹具制造商历来在各自设计中不考虑灯泡的热管理，只是提供足够对流来确保钨丝灯的高工作温度不会带来周围材料失火危险或夹具操作者灼伤危险。这一事实使高输出固态照明设备的大批量生产复杂化。然而，如果最终的设计是要使 LED 的光输出和工作寿命最佳，则高亮度 LED 的夹具就需要一定的热设计。

因此，虽然不会很快看到高亮度 LED 把传统钨丝灯或荧光灯从五金店和家庭中心货架上挤出去，但这些器件正在打入汽车、交通控制、外部标志等市场段，因为在所有这些领域，灯的高效率和长寿命会增加显而易见的价值。

高亮度 LED 斩露头角

实际上，很少听到有人在同一句话中使用“早期采用者”和“汽车市场段”两个短语。一些人也许会断言，这种并置会在矛盾修饰法中大行其道。然而，高亮度 LED 给汽车制造商带来了几个引人注目的特性，而且，虽然这种应用比较新，但它们的基本特性多数来源于制造 LED 指示器——比它们老得多并且已得到了很好证明的类似产品——的相同原理和类似工艺。

LED 汽车尾灯、转向信号灯、工作灯、刹车灯可克服钨丝白炽灯固有的几大缺点。汽车常常受到的中等程度冲击和震动会缩短灯丝寿命。同样，由灯丝电阻正温度系数引起的瞬间浪涌电流会加速灯泡的毁坏。热循环——刹车灯工作的一个重要特性，往往会使白炽灯寿命缩短。

白炽灯泡的瞬间浪涌电流也使电路保护和故障检测的任务变复杂化。汽车制造商必须把保险丝额定值和故障检测阈值设定到足够大的电流值，才能适应浪涌电流幅值和持续时间，而不会发生保险丝烧断故障或不会检测到假故障。

相比之下，在汽车遭受典型振幅和频率范围内的冲击和震动的情况下，LED 结构比灯丝更牢固耐用。LGD 结构的重量轻和尺寸小，从而可减少冲击和震动产生的机械力矩。LED 尺寸小，还使汽车设计师能够把照明灯设计得体积较小，并将其设计成更符合汽车总体设计的

要求。例如，一些汽车不是把 CHMSL（中间高位刹车灯）模块安装在后盖板上，而是利用 LED 所需体积小这一点，把该功能包含在后备箱盖中。

汽车尾灯照明与控制系统提出了几个有趣的问题，这些问题也会出现在控制器件和被控制器件彼此相距很远的其它系统中。LED 本质上是电流器件。电子空穴对在场致发光化合物内复合，并且在复合时发射光子。电流的增大会相应提高复合速度和光通量输出。这一过程的效率不是 100%（几乎达不到 100%），因此电流的增大还会通过 1-h 功耗增加器件的自热。除非工作条件恶劣，否则 LED 一般不会像钨丝灯那样发生灾难性故障，但却往往会因老化而变暗。很多器件设计师把 LED 的寿命终止定义为光输出降至初始值 50% 的时间。

过流和过热条件会加快 LED 寿命终止，因此多数器件制造商建议 OEM 仔细控制 LED 的能源。

这些特性暗示，为了达到 LED 在汽车 CHMSL 或尾灯组件中的 11 年预期寿命，汽车车体控制模块应该以恒定电流来操作各个器件。然而，正如 AnalogDevices 公司汽车市场专家 Bill Reidel 所说，恒流设计使车体控制模块和灯组件之间的布线复杂化，并驱使设计师把功率控制 IC 从车体控制模块中取出，把它放入灯外壳中。恒压驱动能使控制 IC 保留在需要控制 IC 故障检测状态信息的控制模块内，而且能在同一设计中减少外部元件（即保险丝）的数量以及控制模块和灯外壳之间的布线数量。

Texas Instruments 公司汽车应用工程师 Keith Wolford 赞同地说：“LED 控制 IC 的功能之一就是保险丝的功能。如果你把 LED 驱动器放置在灯外壳中，你就必须把电传送到那个位置，并给 LED 驱动器装保险丝……而如果你有一个中央照明模块，则你必须做的仅仅是给连接该模块的电源馈线装保险丝。借助 LED 驱动器的诊断功能，如果连接某个灯外壳的电线短路，你就能用电子设备来保护它，而不必为每条灯外壳连线装保险丝。”

Analog Devices 公司的 AD8240LED 驱动器/监视器是这种方法的具体体现。该器件工作电流是 300mA，供电电压范围是 9V~27V。PWM 输入控制着灯亮度，从而实现符合汽车规定的白天和夜晚不同最低亮度级。过流检测电路由一个外部高压侧分流电阻器和一个片上比较器组成。如果分流电阻器两端的电压降超过参考电压（一般是 5V），过流检测电路就锁住输出驱动信号。锁存器在每个 PWM 周期之后会复位。

分流电阻器和外部 PNP 传递元件限制最高负载电流。制造商建议的 $0.1\Omega \sim 0.5\Omega$ 分流电阻范围对应于 $2A \sim 0.4A$ 的最大负载电流。控制模块的微控制器通过一条 ADC 输入通道来读取 IC 检测引脚的读值，就能监视负载电流。售价为 1.15 美元（1000 件批量）的 AD8240 能检测开路负载、短路和局部故障，如一串串联 LED 中的一个 LED 短路这种情形。这种驱动器/监视器 IC 采用 MSOP-8 封装。

在需要低压侧控制器的设计中，设计师可以考虑使用 Melexis 公司的 MLX10801，因为 MLX10801 采用 S0-8 封装，能在没有外部传递器件的情况下吸收 550mA 绝对最大峰值电流和 400mA 绝对最大平均电流。一种带后缀 A 的封装选件采用带热衬垫的 MLPD-8 封装，而所用裸芯片不变，从而把 $R_{\Theta JA}$ 从 $120K/W$ 降低至 $37K/W$ 。这种封装改进可使绝对最大峰值电流和绝对最大平均值电流分别提高至 $1.2A$ 和 $750mA$ 。

一根诊断引脚使本机微控制器能通过一个 ADC 通道来监视负载电流。那些驱动器/监视器芯片多于 ADC 通道的设计可以求出接地电流之和，并且借助一根模拟输入引脚来监视总接地电流。

Melexis 公司的 MLX10801 的特点是一组瞬态脉冲、40V 负载转储以及不正常引发的欠压条件，这些都是该器件必须承受的预期非标准工作条件。一个可编程非易失数据锁存器使 OEM 能通过一个片上检测二极管或外部检测二极管来进行温度测量。一根控制输入引脚可实现 PWM 调光，这是 LED 驱动器的一个常见特性。使这一控制输入引脚保持低电平 32 毫秒以上，就会迫使驱动器进入睡眠模式，从而使其静态电流从 $2mA$ 减小至 $105mA$ 。

使该控制输入引脚保持高电平 8ms，就可启动一个只持续 300ms 的唤醒序列。

高亮度 LED 的结构特点和应用

虽然 LED 是电流器件——高亮度 LED 也不例外，但汽车尾灯、刹车、转向信号照明等应用场合仍能受益于电压驱动器结构。

当效率更高的 LED 可供使用时，零售店和住宅的 LED 室内照明将可能很快出现。LED 制造商们只是刚刚开始解决高色温光源问题。

由于高亮度 LED 制造工艺、器件设计、组装技术三方面的进展，LED 发光器的性能一直在提高，其成本一直在降低，性能提高和成本降低的速度都令人难忘。PN 结设计、再辐射磷光体和透镜结构都有助于提高效率，因此也有助于提高可获得的光输出（附文《实验室中的 LED》）。就高输出白光 LED 而言，宽光谱性能的提高使人对普通照明用的低维护高能效光源抱有希望。

虽然实现可与标准荧光灯媲美的 LED 效率还需要一段时间，但正如半导体照明行业协会（Semiconductor Lighting Industry Association）主席 YungSLiu 所说：“LED 灯也是比较环保的产品，因为它与荧光灯不一样，不使用水银。”

固态照明在成分和工作效率方面的环保优势目前并不是主要的市场推动因素，但确实使这种技术及其供应商有了良好的形象。

与此同时，在各种领域工作的 OEM 设计师和推销人员一直在扩大固态照明的实际应用范围，并一直密切注视着市场的接受程度。然而，最终用户在固体照明设备寿命内的成本利益体验各不相同，这与传统照明设备大相径庭。这个事实使市场的价值观变复杂化。与钨丝灯泡和荧光灯泡相比，高亮度 LED 的使用成本和维护成本低得多，这就可以抵消 LED 较高的初始成本。尽管以上论述也许是很吸引人的，但却令其在“价格第一，其它第二”思想倾向支配的消费市场上造成很大的推销难度。

灯夹具制造商历来在各自设计中不考虑灯泡的热管理，只是提供足够对流来确保钨丝灯的高工作温度不会带来周围材料失火危险或夹具操作者灼伤危险。这一事实使高输出固态照明设备的大批量生产复杂化。然而，如果最终的设计是要使 LED 的光输出和工作寿命最佳，则高亮度 LED 的夹具就需要一定的热设计。

因此，虽然不会很快看到高亮度 LED 把传统钨丝灯或荧光灯从五金店和家庭中心货架上挤出去，但这些器件正在打入汽车、交通控制、外部标志等市场段，因为在所有这些领域，灯的高效率和长寿命会增加显而易见的价值。

高亮度 LED 斩露头角

实际上，很少听到有人在同一句话中使用“早期采用者”和“汽车市场段”两个短语。一些人也许会断言，这种并置会在矛盾修饰法中大行其道。然而，高亮度 LED 给汽车制造商带来了几个引人注目的特性，而且，虽然这种应用比较新，但它们的基本特性多数来源于制造 LED 指示器——比它们老得多并且已得到了很好证明的类似产品——的相同原理和类似工艺。

LED 汽车尾灯、转向信号灯、工作灯、刹车灯可克服钨丝白炽灯固有的几大缺点。汽车常常受到的中等程度冲击和震动会缩短灯丝寿命。同样，由灯丝电阻正温度系数引起的瞬间浪涌电流会加速灯泡的毁坏。热循环——刹车灯工作的一个重要特性，往往会缩短白炽灯寿命。

白炽灯泡的瞬间浪涌电流也使电路保护和故障检测的任务变复杂化。汽车制造商必须把保险丝额定值和故障检测阈值设定到足够大的电流值，才能适应浪涌电流幅值和持续时间，而不会发生保险丝烧断故障或不会检测到假故障。

相比之下，在汽车遭受典型振幅和频率范围内的冲击和震动的情况下，LED 结构比灯丝更牢固耐用。LGD 结构的重量轻和尺寸小，从而可减少冲击和震动产生的机械力矩。LED

尺寸小，还使汽车设计师能够把照明灯设计得体积较小，并将其设计成更符合汽车总体设计的要求。例如，一些汽车不是把 CHMSL（中间高位刹车灯）模块安装在后盖板上，而是利用 LED 所需体积小这一点，把该功能包含在后备箱盖中（图 1）。

汽车尾灯照明与控制系统提出了几个有趣的问题，这些问题也会出现在控制器件和被控制器件彼此相距很远的其它系统中。LED 本质上是电流器件。电子空穴对在场致发光化合物内复合，并且在复合时发射光子。电流的增大会相应提高复合速度和光通量输出。这一过程的效率不是 100%（几乎达不到 100%），因此电流的增大还会通过 1-h 功耗增加器件的自热。除非工作条件恶劣，否则 LED 一般不会像钨丝灯那样发生灾难性故障，但却往往会因老化而变暗。很多器件设计师把 LED 的寿命终止定义为光输出降至初始值 50% 的时间。

过流和过热条件会加快 LED 寿命终止，因此多数器件制造商建议 OEM 仔细控制 LED 的能源。

这些特性暗示，为了达到 LED 在汽车 CHMSL 或尾灯组件中的 11 年预期寿命，汽车车体控制模块应该以恒定电流来操作各个器件。然而，正如 AnalogDevices 公司汽车市场专家 Bill Reidel 所说，恒流设计使车体控制模块和灯组件之间的布线复杂化，并驱使设计师把功率控制 IC 从车体控制模块中取出，把它放入灯外壳中。恒压驱动能使控制 IC 保留在需要控制 IC 故障检测状态信息的控制模块内，而且能在同一设计中减少外部元件（即保险丝）的数量以及控制模块和灯外壳之间的布线数量。

Texas Instruments 公司汽车应用工程师 Keith Wolford 赞同地说：“LED 控制 IC 的功能之一就是保险丝的功能。如果你把 LED 驱动器放置在灯外壳中，你就必须把电传送到那个位置，并给 LED 驱动器装保险丝……而如果你有一个中央照明模块，则你必须做的仅仅是给连接该模块的电源馈线装保险丝。借助 LED 驱动器的诊断功能，如果连接某个灯外壳的电线短路，你就能用电子设备来保护它，而不必为每条灯外壳连线装保险丝。”

AnalogDevices 公司的 AD8240LED 驱动器/监视器是这种方法的具体体现。该器件工作电流是 300mA，供电电压范围是 9V~27V。PWM 输入控制着灯亮度，从而实现符合汽车规定的白天和夜晚不同最低亮度级。过流检测电路由一个外部高压侧分流电阻器和一个片上比较器组成。如果分流电阻器两端的电压降超过参考电压（一般是 5V），过流检测电路就锁住输出驱动信号。锁存器在每个 PWM 周期之后会复位。

分流电阻器和外部 PNP 传送元件限制最高负载电流。制造商建议的 0.1Ω ~ 0.5Ω 分流电阻范围对应于 2A~0.4A 的最大负载电流。控制模块的微控制器通过一条 ADC 输入通道来读取 IC 检测引脚的读值，就能监视负载电流。售价为 1.15 美元（1000 件批量）的 AD8240 能 检测开路负载、短路和局部故障，如一串串联 LED 中的一个 LED 短路这种情形。这种驱动器/监视器 IC 采用 MSOP-8 封装。

在需要低压侧控制器的设计中，设计师可以考虑使用 Melexis 公司的 MLX10801，因为 MLX10801 采用 S0-8 封装，能在没有外部传递器件的情况下吸收 550mA 绝对最大峰值电流和 400mA 绝对最大平均电流。一种带后缀 A 的封装选件采用带热衬垫的 MLPD-8 封装，而所用裸芯片不变，从而把 $R_{\Theta JA}$ 从 120K/W 降低至 37K/W。这种封装改进可使绝对最大峰值电流和绝对最大平均值电流分别提高至 1.2A 和 750mA。

一根诊断引脚使本机微控制器能通过一个 ADC 通道来监视负载电流。那些驱动器/监视器芯片多于 ADC 通道的设计可以求出接地电流之和，并且借助一根模拟输入引脚来监视总接地电流。

Melexis 公司的 MLX10801 的特点是一组瞬态脉冲、40V 负载转储以及不正常引发的欠压条件，这些都是该器件必须承受的预期非标准工作条件。一个可编程非易失数据锁存器使 OEM 能通过一个片上检测二极管或外部检测二极管来进行温度测量。一根控制输入引脚可实现 PWM 调光，这是 LED 驱动器的一个常见特性。使这一控制输入引脚保持低电

平 32 毫秒以上，就会迫使驱动器进入睡眠模式，从而使其静态电流从 2mA 减小至 105mA。使该控制输入引脚保持高电平 8mS，就可启动一个只持续 300mS 的唤醒序列。

9. 相机选型

精度要符合要求

精度有两种说法，一种是图像中一个像素对应目标代表的尺寸，单位为 mm/像素；一种说法是目标物体上单位长度在图像中占据的像素数，单位为像素/mm，通常情况下使用前一种说法，有时候不太专业的场合连“每像素”也省略掉，直接说多少多少毫米。

例如：某客户要求精度达到 0.01mm，意思就是说，拍得的图像上一个像素代表实物的尺寸不能超过 0.01mm。

视场指的是整张图像看到的实际场景的大小，一般情况下图像为矩形，因此通常也将实际场景的长或宽称作视场。

分辨率指的是图像的像素数。图像由排列整齐的像点组成，每个元素称作一个像素，例如一张图片的分辨率为 1024×768 ，说明该图片横向每行有 1024 个像点，纵向每列有 768 个像点。

以上三个量的换算关系是：

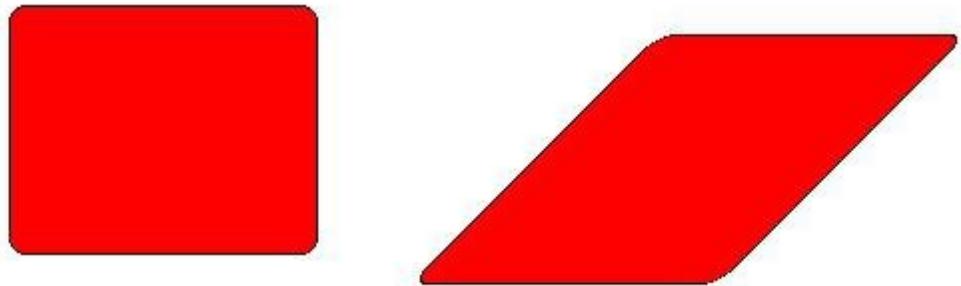
视场（对应方向）

分辨率（对应方向）

目标是运动的还是静止的

拍摄图片有两个基本要求：1) 图像不能有拖影，2) 图像不能有形变。

相机的芯片分为 CCD 和 CMOS 两种，CCD 相机采用帧曝光的方式，也就是图像所有部位是同时曝光的，CMOS 相机一般采用电子滚动曝光的模式，也就是逐行或者逐列曝光，用 CMOS 相机拍摄运动物体时图像上不同行或者列之间相对位置会有相对移动，如下图所示：



一般情况下选择标准：快门曝光时间内物体运动的距离小于一个像素代表的尺寸（分辨率）。

例如：某系统的拍摄精度是 $0.1\text{mm}/\text{像素}$ ，相机曝光时间是 $1/2000$ 秒，拍摄物体运动速度是 10mm/s ，这样目标在曝光时间内物体运动的距离是 $0.005\text{mm} << 0.1\text{mm}$ ，因此可以用该系统拍摄。

一般的相机为线阵相机，这样的相机都不能拍摄运动速度过高的目标，如果拍摄运动目标可以使用面阵相机。

颜色

选择相机一定要确定所需照片是彩色的还是黑白的。

像元尺寸

像元尺寸是指感光电路一个感光单元的尺寸，通常是表示为：长 \times 宽 mm 。

在要求工作环境亮度很高的情况下要选择像元尺寸比较大的相机，因为在一定的条件下

进入相机单位面积上的光通量是一定的，像元尺寸比较大的每个像素点上接收的光能就

多一些，亮度也就会高一些。

帧率

帧率是指每秒钟连续拍摄的图片数目，单位为：帧每秒（fps）。

接口

相机常用的接口种类很多有 USB、1394、千兆网，Camera link、SATA 等，其中 1394 接口最为常用。

例如凌云的 PointGery 相机用 1394 接口, 微视的用 USB 接口和千兆网接口。

凌云的两种相机:

Firefly 是 CMOS 芯片, 只有 30 万像素的一种, 采用帧曝光模式, 价格便宜, 性能不太好。

Flea 2 为 CCD 芯片, 分别有 30、80、130、200、300 万像素, 价格比国外同类产品便宜。

对于低端用户, 推荐使用 Firefly, 中高端用户推荐使用 Flea2。

其他公司: 微视、大恒, 国外: AVT、JAT 等。

10. CCD 和 CMOS 比较

CCD 或 CMOS, 基本上两者都是利用矽感光二极体 (photodiode) 进行光与电的转换。这种转换的原理与各位手上具备“太阳电能”电子计算机的“太阳能电池”效应相近, 光线越强、电力越强; 反之, 光线越弱、电力也越弱的道理, 将光影像转换为电子数字信号。

比较 CCD 和 CMOS 的结构, ADC 的位置和数量是最大的不同。简单的说, 按我们在上一讲“CCD 感光元件的工作原理 (上)”中所提之内容。CCD 每曝光一次, 在快门关闭后进行像素转移处理, 将每一行中每一个像素 (pixel) 的电荷信号依序传入“缓冲器”中, 由底端的线路引导输出至 CCD 旁的放大器进行放大, 再串联 ADC 输出; 相对地, CMOS 的设计中每个像素旁就直接连着 ADC (放大兼类比数字信号转换器), 讯号直接放大并转换成数字信号。

CCD 和 CMOS 传感器是目前最常见的数字图像传感器, 广泛应用于数码相机、数码摄像机、照相手机和摄像头等产品上。两者在结构、性能和技术上均不尽相同, 在此我将两者作一个简单的比较, 使广大读者对 CCD 和 CMOS 能有一个比较初步的认识, 在选购相关产品时也能做到心中有数。

CCD 与 CMOS 传感器的结构比较

CCD (ChargeCoupledDevice), 即“电荷耦合器件”, 是一种感光半导体芯片, 用于捕捉图形, 但 CCD 没有能力记录图形数据, 也没有能力永久保存, 所有图形数据都会不停留地送入一个模数转换器, 一个信号处理器以及一个存储设备。1970 美国贝尔实验室发明了 CCD。二十年后, 人们利用这一技术制造了数码相机, 将影像处理行业推进到一个全新领域。

CMOS (ComplementaryMetalOxideSemiconductor), 即“互补金属氧化物半导体”。它是计算机系统内一种重要的芯片, 保存了系统引导所需的大量资料。有人发现, 将 CMOS 加工也可以作为数码相机中的感光传感器, 其便于大规模生产和成本低廉的特性是商家们梦寐以求的。

CCD 和 CMOS 在制造上的主要区别主要是 CCD 是集成在半导体单晶材料上, 而 CMOS 是集成在被称为金属氧化物的半导体材料上, 工作原理没有本质的区别, 都是利用感光二极管 (photodiode) 进行光电转换, 这种转换的原理与太阳能电子计算机的太阳能电池效应相近, 光线越强、电力越强; 反之, 光线越弱、电力也

越弱。根据此原理将图像转换为数字数据，而其主要差异是数字数据传送的方式不同。

比较 CCD 和 CMOS 的结构，ADC（数模转换器）的位置和数量是最大的不同。CCD 每曝光一次，在快门关闭后进行像素转移处理，将每一行中每一个像素的电荷信号依序传入“缓冲器”中，由底端的线路引导输出至 CCD 边缘的放大器进行放大，再串联 ADC 输出；而 CMOS 的设计中每个像素旁边都直接连着 ADC，电荷信号直接放大并转换成数字信号。造成这种差异的原因在于 CCD 的特殊工艺可保证数据在传送时不会失真，因此各个像素的数据可汇聚至边缘再进行放大处理；而 CMOS 工艺的数据在传送距离较长时会产生噪声，因此，必须先放大，再整合各个像素的数据。

CCD 与 CMOS 传感器的技术比较

CCD 存储的电荷信息，需在同步信号控制下一位一位地实施转移后读取，电荷信息转移和读取输出需要有时钟控制电路和三组不同的电源相配合，整个电路较为复杂而且速度较慢。而 CMOS 传感器经光电转换后直接产生电流（或电压）信号，信号读取十分简单，还能同时处理各单元的图像信息，速度也比 CCD 快很多。CCD 制作技术起步早，技术成熟，采用 PN 结或二氧化硅（SiO₂）隔离层隔离噪声，成像质量相对 CMOS 有一定优势。由于 CMOS 集成度高，各光电传感元件、电路之间距离很近，相互之间的光、电、磁干扰较严重，噪声对图像质量影响很大，使 CMOS 很长一段时间无法投入实用。近几年，随着 CMOS 电路消噪技术的不断发展，CMOS 的性能已经与 CCD 相差无几了。

佳能采用全尺寸 CMOS 的 EOS-1DsMarkII

CCD 与 CMOS 传感器的性能比较

ISO 感光度：由于 CMOS 每个像素由四个晶体管与一个感光二极管构成，还包含了放大器与数模转换电路，过多的额外设备缩小了单一像素感光区域的表面积，因此相同像素下，同样的尺寸，CMOS 的感光度会低于 CCD。

分辨率：由于 CMOS 传感器的每个像素都比 CCD 传感器复杂，其像素尺寸很难达到 CCD 传感器的水平，因此，当我们比较相同尺寸的 CCD 与 CMOS 时，CCD 传感器的分辨率通常会优于 CMOS 传感器。

噪点：由于 CMOS 每个感光二极管都需搭配一个放大器，如果以百万像素计，那么就需要百万个以上的放大器，而放大器属于模拟电路，很难让每个放大器所得到的结果保持一致，因此与只有一个放大器放在芯片边缘的 CCD 传感器相比，CMOS 传感器的噪点就会增加很多，影响图像品质。

耗电量：CMOS 传感器的图像采集方式为主动式，感光二极管所产生的电荷会直接由旁边的电晶体做放大输出；而 CCD 传感器为被动式采集，必须外加电压让每个像素中的电荷移动至传输通道。而这外加电压通常需要 12~18V，因此 CCD 还必须有更精密的电源线路设计和耐压强度，高驱动电压使 CCD 的耗电量远高于 CMOS。CMOS 的耗电量仅为 CCD 的 1/8 到 1/10。

成本：由于 CMOS 传感器采用一般半导体电路最常用的 CMOS 工艺，可以轻易地将周边电路（如 AGC、CDS、Timinggenerator 或 DSP 等）集成到传感器芯片中，

因此可以节省外围芯片的成本；而 CCD 采用电荷传递的方式传送数据，只要其中有一个像素不能运行，就会导致一整排的数据不能传送，因此控制 CCD 传感器的成品率比 CMOS 传感器困难许多，即使有经验的厂商也很难在产品问世的半年内突破 50% 的水平，因此，CCD 传感器的制造成本会高于 CMOS 传感器。

CCD 与 CMOS 传感器的前景

CCD 在影像品质等方面均优于 CMOS，而 CMOS 则具有低成本、低功耗、以及高整合度的特点。不过，随着 CCD 与 CMOS 传感器技术的进步，两者的差异将逐渐减小，新一代的 CCD 传感器一直在功耗上作改进，而 CMOS 传感器则在改善分辨率与灵敏度方面的不足。相信不断改进的 CCD 与 CMOS 传感器将为我们带来更加美好的数码影像世界。