

创视自动化

机器视觉培训教程

相机篇

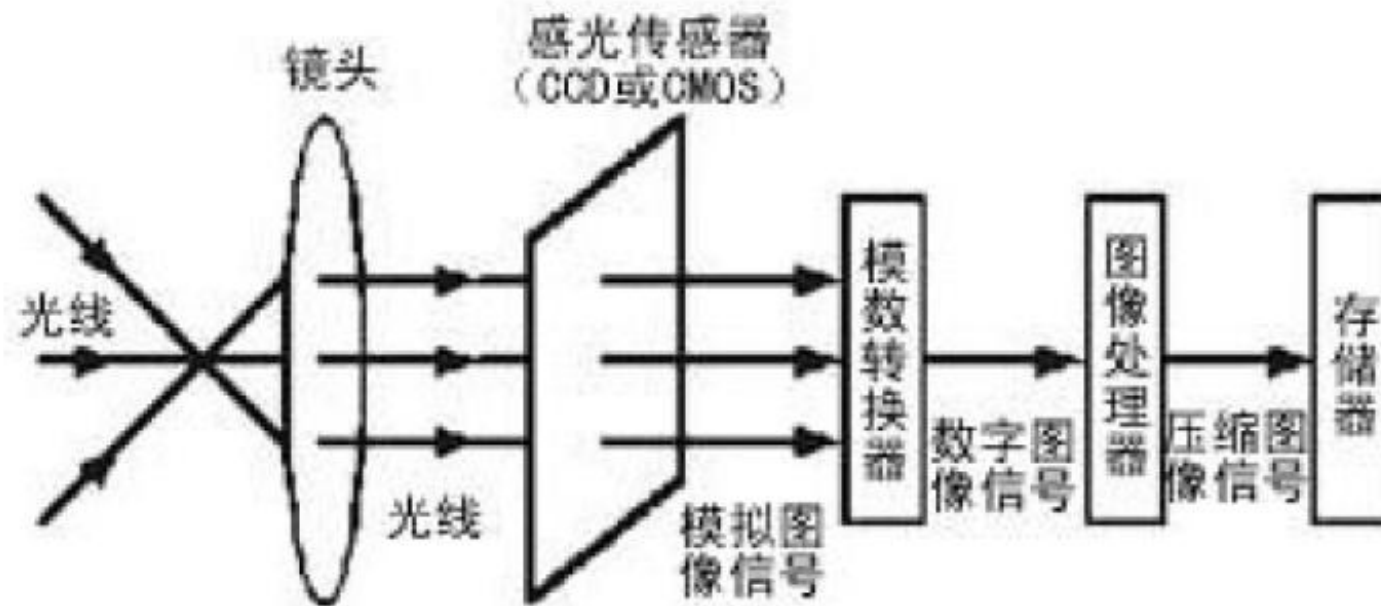
培训主题

- 1.相机成像流程
- 2.工业相机与民用相机的区别
- 3.相机分类
- 4.相机术语
- 5.相机选型

相机成像流程

相机的成像流程大致分为以下步骤：

目标（光线）发射（反射）的光线，经镜头后照射在感光传感器上（通常为CCD-电荷耦合器件、CMOS-互补金属氧化物半导体）产生模拟的电流信号，此信号经过模数转换器转换成数字信号，然后传递给图像处理器DSP，得到图像（可以压缩或输出RAW数据），最后图像存储到存储器或传递到图像采集卡，传入电脑。



工业相机与民用相机的区别

比较项目	工业相机	民用相机
稳定可靠	好	差
防损	好	差
连续工作时间	长	短
适用工作环境	没太多要求	苛刻
快门时间范围	宽	窄
扫描方式	逐行/隔行	隔行
帧率	高（可达20W以上）	低（10F以下）摄像最快60，连拍几帧
数据输出	RAW裸数据	有损压缩数据
成本	高	低
接口	标准，更换镜头容易	各品牌差别较大或者不可以
数据输出接口	多种，如USB、1394、CameraLink、GIGE等，且速度比较高	USB，民用1394，速度慢
功能	少	多

相机分类

- 相机作为机器视觉系统中的核心部件，对于机器视觉系统的重要性是不言而喻的。在选择相机时既要考虑到采集速度、触发方式、分辨率、体积等因素，又要考虑光学接口、照明方式（即：光强度、光的几何结构、光谱）以及与计算机接口等因素。

对于相机的常见分类有以下四种：

- 1.按芯片技术分类：CCD相机 vs CMOS相机
- 2.按输出图像的颜色分类：彩色相机 vs 黑白相机
- 3.按输出模式分类：模拟相机 vs 数字相机
- 4.按靶面类型分类：面阵相机 vs 线阵相机

CCD相机 vs CMOS相机

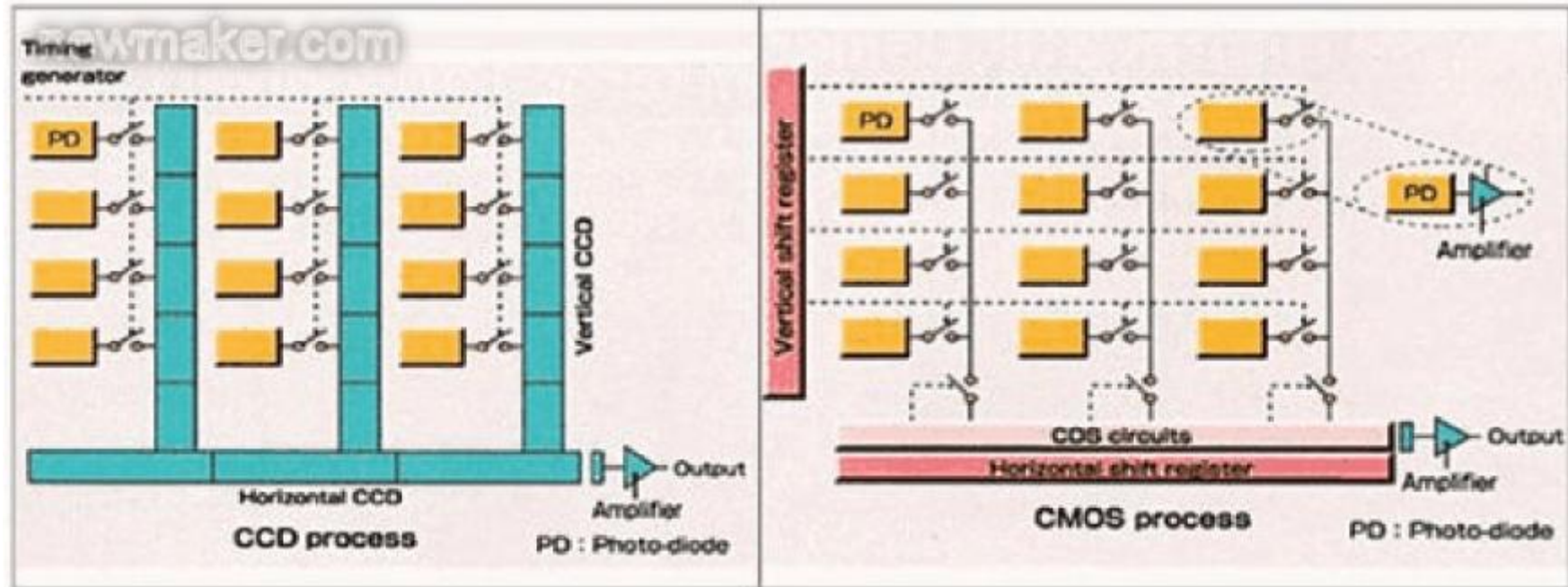
CCD相机

- CCD相机，**CCD称为电荷耦合器件**，CCD是目前机器视觉最为常用的图像传感器。它集光电转换及电荷存贮、电荷转移、信号读取于一体，是典型的固体成像器件。
- CCD的突出特点是以电荷作为信号，而不同于其它器件是以电流或者电压为信号。

CMOS相机

- ❑ CMOS相机，**CMOS**称为“互补金属氧化物半导体”，CMOS实际上只是将晶体管放在硅块上的技术。
- ❑ CMOS可以将光敏元件、放大器、A/D转换器、存储器、数字信号处理器和计算机接口控制电路集成在一块硅片上，具有结构简单、处理功能多、速度快、耗电低、成本低等特点。
- ❑ CMOS传感器不需要复杂的处理过程，直接将图像半导体产生的电子转变成电压信号，因此就非常快，这个优点使得CMOS传感器对于高帧摄像机非常有用，高帧速度能达到400到100000帧/秒。

CCD与CMOS相机的区别



比较项目	CCD	CMOS	主要原因
灵敏度	高	低	由于CMOS传感器的每个像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), 使得每个像素的感光区域远小于像素本身的表面积, 因此在像素尺寸相同的情况下, CMOS传感器的灵敏度要低于CCD传感器
成本	高	低	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【AutomaticGainControl自动增益控制】、CDS (CorrelatedDouble Sampling相关双取样电路)、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传感器的成本会高于CMOS传感器。
分辨率	高	低	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传感器时, CCD传感器的分辨率通常会优于CMOS传感器的水平。
噪声	低	高	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。
功耗	高	低	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, 需外加电压让每个像素中的电荷移动, 而此外加电压通常需要达到12~18V; 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。
整合度	低	高	同成本

特点	CCD	CMOS	性能	CCD	CMOS
输出的像素信号	电荷包	电压	响应度	中	较高
芯片输出的信号	电压（模拟）	数据位（数字）	动态范围	高	中
相机输出的信号	数据位（数字）	数据位（数字）	一致性	高	中
填充因子	高	中	快门一致性	快速，一致	较差
放大器适配性	不涉及	中	速度	中到高	更高
系统噪声	低	中到高	图像开窗功能	有限	非常好
系统复杂度	高	低	抗拖影性能	高（可达到无拖影）	高
芯片复杂度	低	高	时钟控制	多时钟	单时钟
相机组件	PCB + 多芯片+镜头	单芯片 + 镜头	工作电压	较高	较低

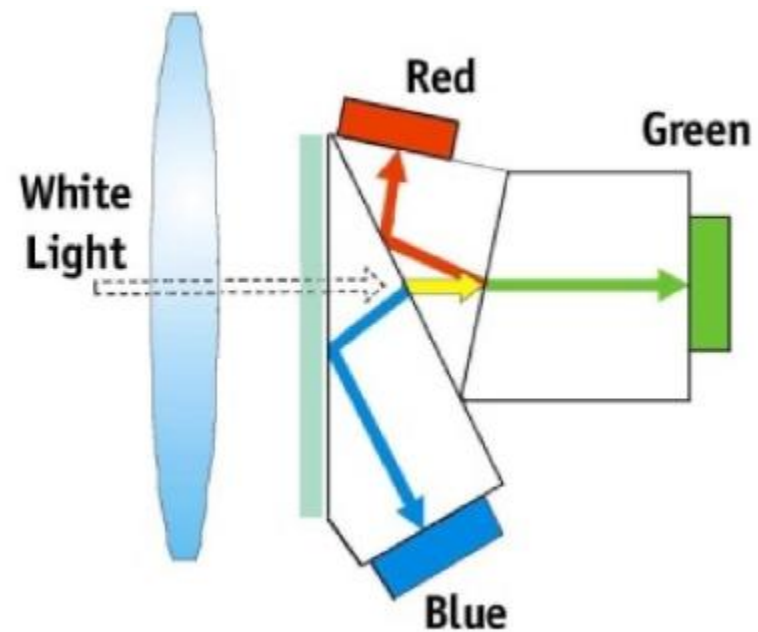
彩色相机 vs 黑白相机

彩色相机 vs 黑白相机

- 黑白相机直接将光强信号转换成图像灰度值，生成的是灰度图像；彩色相机能获得景物中红、绿、蓝三个分量的光信号，输出彩色图像。彩色相机能够提供比黑白相机更多的图像信息。彩色相机的实现方法主要有两种，棱镜分光法和Bayer滤波法。

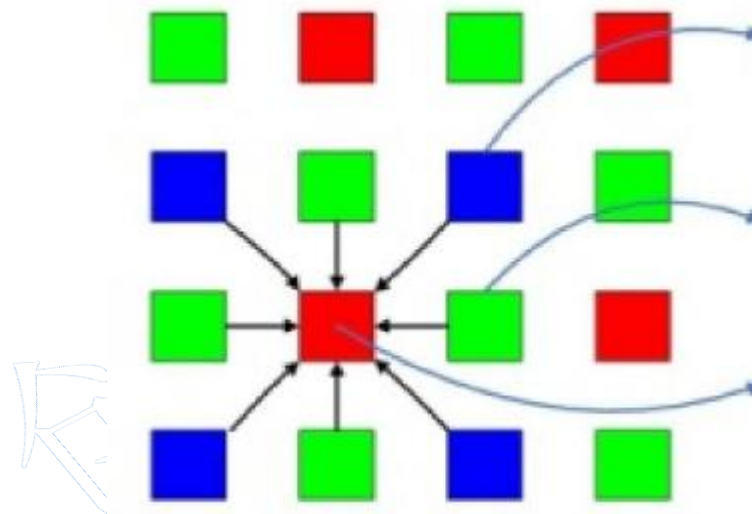
棱镜分光彩色相机

□ 棱镜分光彩色相机，利用光学透镜将入射光线的R、G、B分量分离，在三片传感器上分别将三种颜色的光信号转换成电信号（如下图所示），最后对输出的数字信号进行合成，得到彩色图像。



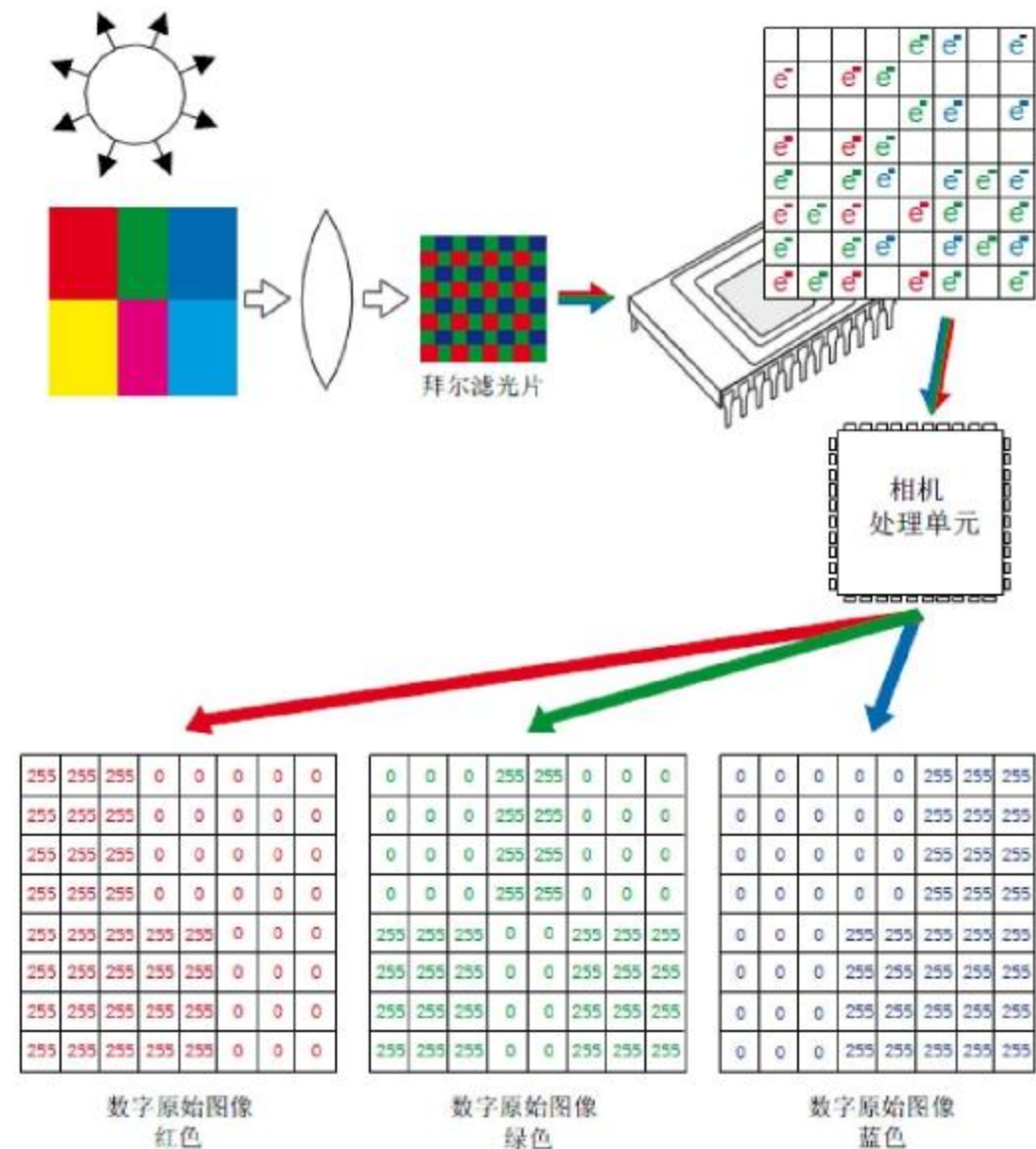
Bayer滤波彩色相机

- Bayer滤波彩色相机，是在传感器像元表面按照Bayer马赛克规律增加RGB三色滤光片，如下图所示，输出信号时，像素RGB分量值是由其对应像元和其附近像元共同获得的。



这样一来，每个像素只能产生红、绿或蓝三色当中一种颜色的值。但是在输出时，所有像素都应该有这三种颜色的信息。我们应该如何找回这些丢失的值呢？答案是由相机处理单元执行的空

间色彩插值法。彩色还原算法一般是相机厂家开发的，我们用不到，也不可能对其进行修改。



单CCD彩色相机缺点

- 在实际应用中，即使最好的彩色空间插值法也会产生低通效应。因此，单CCD相机生成的图像要比3CCD相机或黑白相机的图像模糊，这点在图像中有超薄或纤维形物体的情况下尤为明显。

模拟相机 vs 数字相机

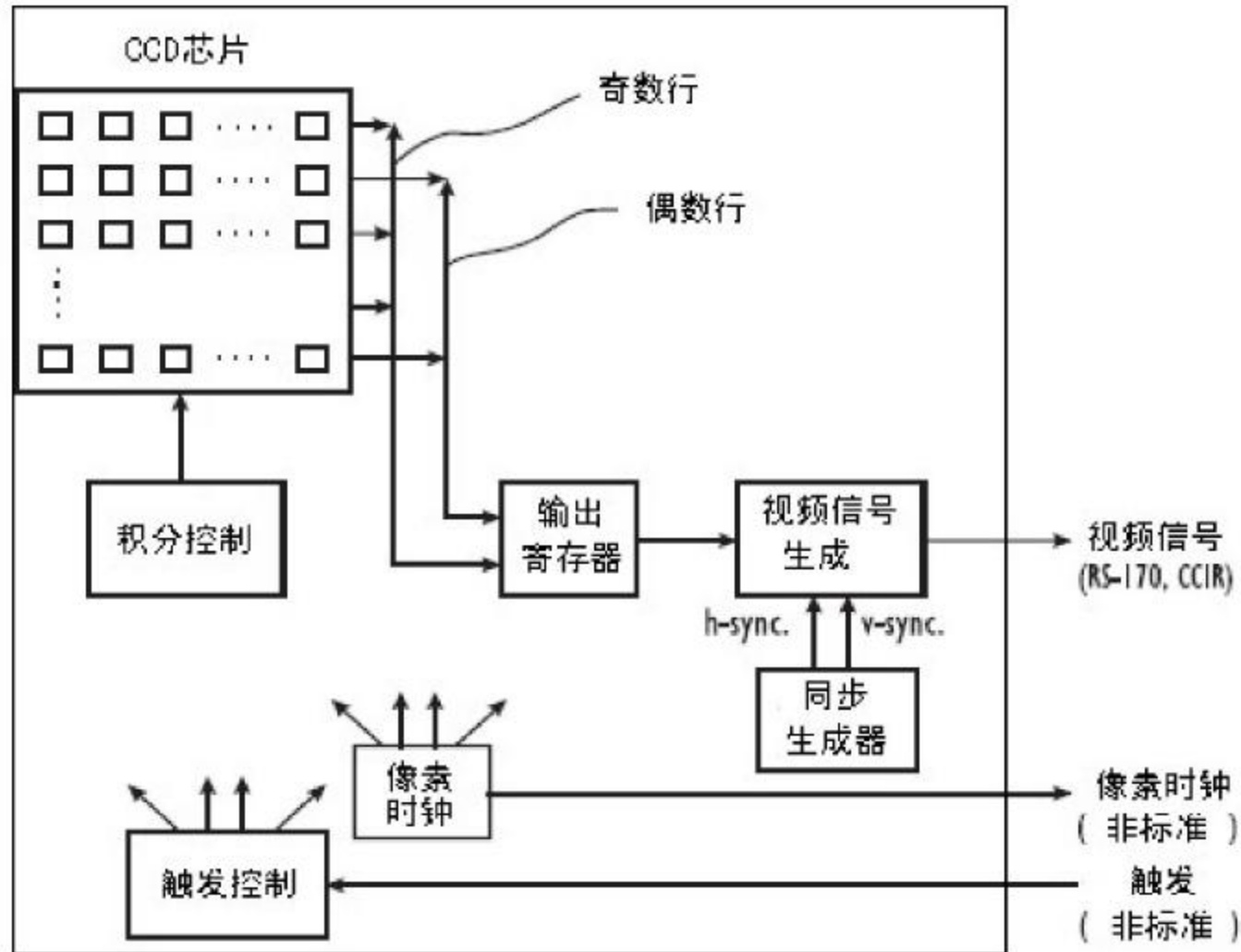
- 根据相机数据输出模式的不同分为模拟相机和数字相机，模拟相机输出模拟信号，数字相机输出数字信号。
- 模拟相机和数字相机还可以进一步细分，比如数字相机按数据接口又包括：LVDS接口、Camera Link、Firewire (IEEE 1394)、USB接口和GigE接口。
- 模拟相机分为逐行扫描和隔行扫描两种，隔行扫描相机又包含EIA、NTSC、CCIR、PAL等标准制式。

模拟视频格式

标准模拟信号一览表

视频信号	参数	应用地区
EIA	30帧/秒 525线/场 黑白	美国、日本等国家和地区采用。
NTSC	30帧/秒 525线/场 彩色	
CCIR	25帧/秒 625线/场 黑白	中国、香港、中东地区和欧洲
PAL	25帧/秒 625线/场 彩色	
SECAM	25帧/秒 625线/场 彩色	俄罗斯、法国、埃及等国家

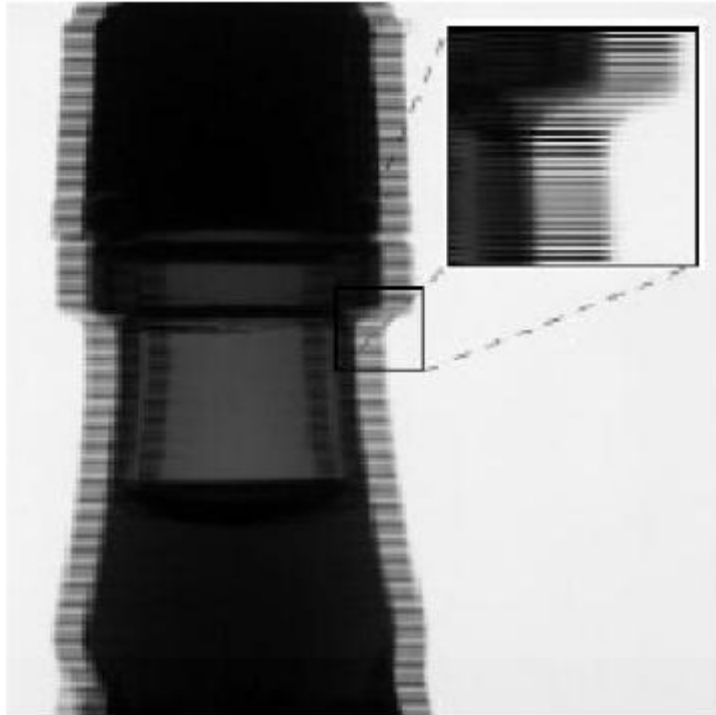
标准制式相机的原理图



模拟CCD相机读出模式

- 模拟视频标准要求一副图像以两场传输。一场是图像的所有奇数行，另一种是包含所有的偶数行，这种读出模式称作隔行扫描。
- 顺序读出CCD传感器每一行的读出模式称作逐行扫描。

隔行与逐行扫描采集运动物体



隔行扫描相机



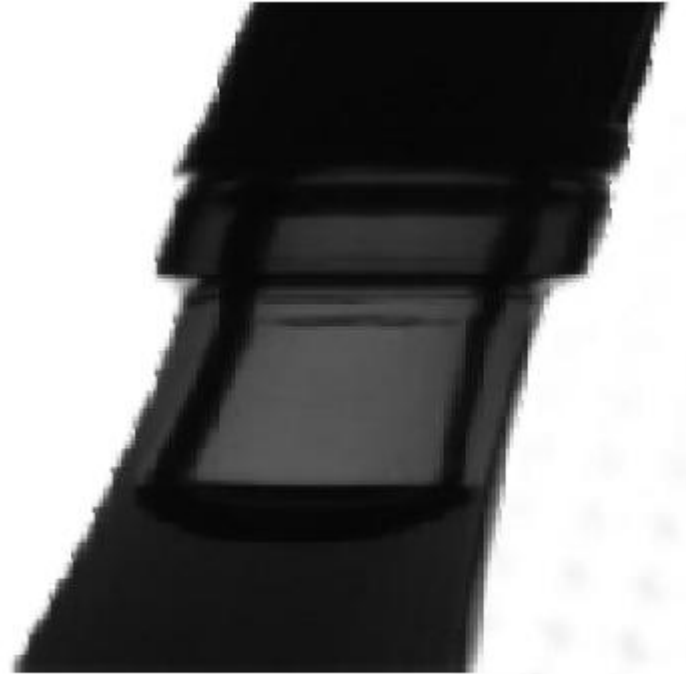
逐行扫描相机

- 运动物体在两次曝光之间有移动，图像会出现锯齿，因此逐行扫描是采集运动物体正确图像所必需的。

行曝光和帧曝光



帧曝光



行曝光

- 行曝光由于读出第一行和最后一行有很大的时差，采集运动物体就会产生明显的变形，对于运动的物体，必须选用全局曝光（帧曝光）的相机。

- NTSC和PAL归根到底只是两种不同的视频格式，其主要差别在于NTSC每秒是60场而PAL每秒是50场，由于现在的电视都采取隔行模式，所以NTSC每秒可以得到30个完整的视频帧，而PAL每秒可以得到25个完整的视频帧。
- EIA与NTSC帧率为30Hz，每幅图像有525行，而CCIR和PAL帧率为25Hz，每幅图像有625行。
- EIA与NTSC的图像大小为640x480，而CCIR和PAL为768x576。

行数与图像大小区别

- EIA与NTSC每幅图像有525行，图像大小为640x480； CCIR和PAL每幅图像有625行，图像大小为768x576；由此可见行数要比图像大小的行数要大，原因是在525行和625行中，有40或50行有名无实，被用作同步信号来表示新的一帧的开始。

- 模拟视频有近百年历史，由于固有原因，和近十几年兴起的数字视频相比，精度差很多，随着数字化技术的发展，模拟视频终究会消亡，但模拟视频的消亡还要有相当长的一段时间，由于模拟视频设备的低价格，在视觉应用的低端领域还有相当的市场。目前市场上还存在很多模拟图像采集卡，此类采集卡一般都应用于视频显示、视频转换等，部分应用于机器视觉处理。

数字摄像机图像输出标准

- ☐ Camera Link
- ☐ USB
- ☐ IEEE1394（火线）
- ☐ Gigabit Ethernet（千兆网）

Camera Link

- Camera Link 标准中包含Base, Medium, Full 三个规范, 但都使用统一的线缆和接插件。Camera Link Base 使用4 个数据通道, Medium 使用了8 个数据通道, Full 使用12 个数据通道。Camera Link 标准支持的最高数据传输率可达680Mb/s。



USB

- USB接口是4“针”，其中2根为电源线、2根为信号线。USB是串行接口，可热拔插，连接方便。用USB连接的外围设备数目最多达127个，共6层，所谓6层是指从主装置开始可以经由5层的集线器进行菊花链接，用不着担心要连接的装置数目受限制；两个外设之间最长通信可以距离5米。USB1.1接口支持同步和异步数据的传输，数据传输率最高达12Mbps，比标准串口快100倍，比并口快10倍；USB 2.0向下兼容USB 1.1、USB 1.0，数据的传输率将达到120Mbps~480Mbps。

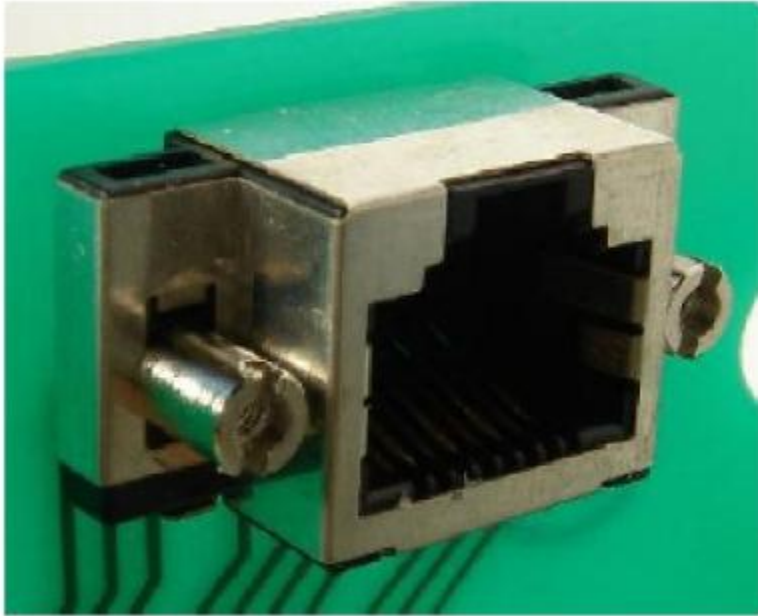


IEEE1394 (火线)

- 1394接口分为4芯和6芯，4芯中有两对数据线，6芯除数据线外还包括一组电源线以对外接设备进行供电。IEEE 1394接口，不需要控制器，可以实现对等传输，1394a最大传输距离为4.5米，1394b传输距离通常为10米，在降数据率情况下可延伸到100米（100Mbps），采用中继设备支持可进一步提高传输距离。



Gigabit Ethernet (千兆网)



- ❑ 千兆以太网技术仍然是以太网技术，它采用了与10M以太网相同的帧格式、帧结构、网络协议、全/半双工工作方式、流控模式以及布线系统。

各种接口总线比较

类型	接口名称	理论传输数率	实际传输数率	理论传输距离	实际传输距离	最大支持节点数	是否需要占用CPU资源	是否需要采集卡
模拟	BNC	640*480/768*596 25F/30F (10M)	640*480/768*596 25F/30F	200米?	Unknown	否	需要图像采集卡	
	VGA	640*480/768*596 25F/30F	640*480/768*596 25F/30F	根据线不同可达50M	Unknown	否	不需要, 直接接显示器	
	EIAJ Hirose	640*480/768*596 25F/30F	640*480/768*596 25F/30F	Unknown	Unknown	否	需要图像采集卡	
数字	1394 (FIREWIRE) 火线	400Mb (. a) ;800Mb (. b) ;S1600;S3200	4M*10F=40MB (HV 2000FC)	72M	4.5M	63	否 (对等总线)	需要1394卡 (6PIN带供电的卡)
	USB2.0	12Mb (1.1) ;480Mb (2.0) ;5G (3.0)	0.3M*60=18MB (SENTECH)	5M	用HUB延长到30M	127	是 (非对等总线)	不需要, 通常电脑内置
	Camera Link	675MB (6120Mb, 85K主频下)	680Mb	10M	3M标准线	1	NAL	需要CL卡
	Gigabit Ethernet (RJ45)	1000Mb (125MB)	100MB	10KM (光纤)	屏蔽线 100M)	以IP为准	是	需要GE卡 (如电脑上有不需要)
	DVI	根据DVI标准, 一条TMDS通道可以达到165MHz的工作频率和10-bit接口, 也就是可以提供1.65Gbps的带宽, 这足以应付1920*1080/60Hz的显示要求。 另外, 为了扩充兼容性, DVI还可以使用第二条TMDS通道, 这样其带宽将会高过2Gbps。			Unknown	Unknown	Unknown	Unknown

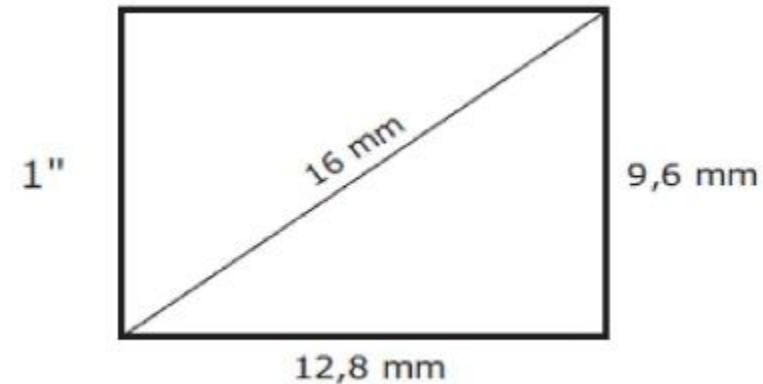
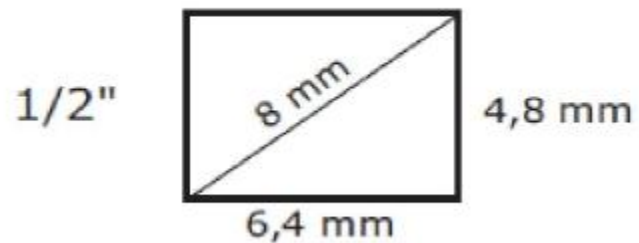
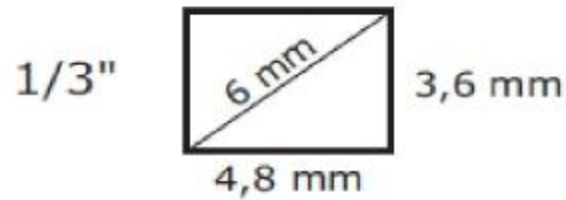
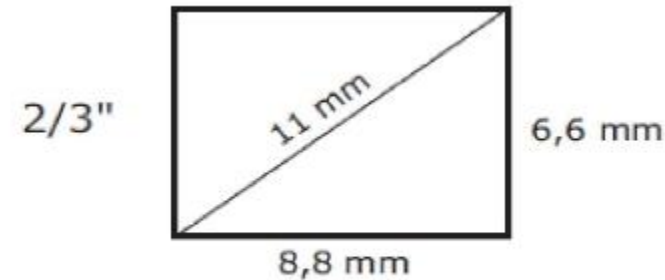
面阵相机 vs 线阵相机

- 相机不仅可以根传感器技术进行区分，还可以根据传感器架构进行区分。有两种主要的传感器架构：面扫描和线扫描。面扫描相机通常用于输出直接在监视器上显示的场合；场景包含在传感器分辨率内；运动物体用频闪照明；图像用一个事件触发采集（或条件的组合）。线扫描相机用于连续运动物体成像或需要连续的高分辨率成像的场合。线扫描相机的一个自然的应用是静止画面（Web Inspection）中要对连续产品进行成像，比如纺织、纸张、玻璃、钢板等。同时，线扫描相机同样适用于电子行业的非静止画面检测。

面阵相机

- 面阵摄像机是我们常见的形式，其像元是按行列整齐排列的，每个像元对应图像上的一个像素点，我们一般所说的分辨率就是指像元的个数。

面阵相机CCD芯片尺寸



- 1"=25.4mm, 那么1/2"理论应该是12.7mm, 但是为什么只有8mm, 那是因为CCD本身还有其它的电路, 造成CCD实际尺寸变小, 1/2"是一种习惯的叫法。

线阵相机

- 线阵摄像机使用的Line-Scan Sensor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

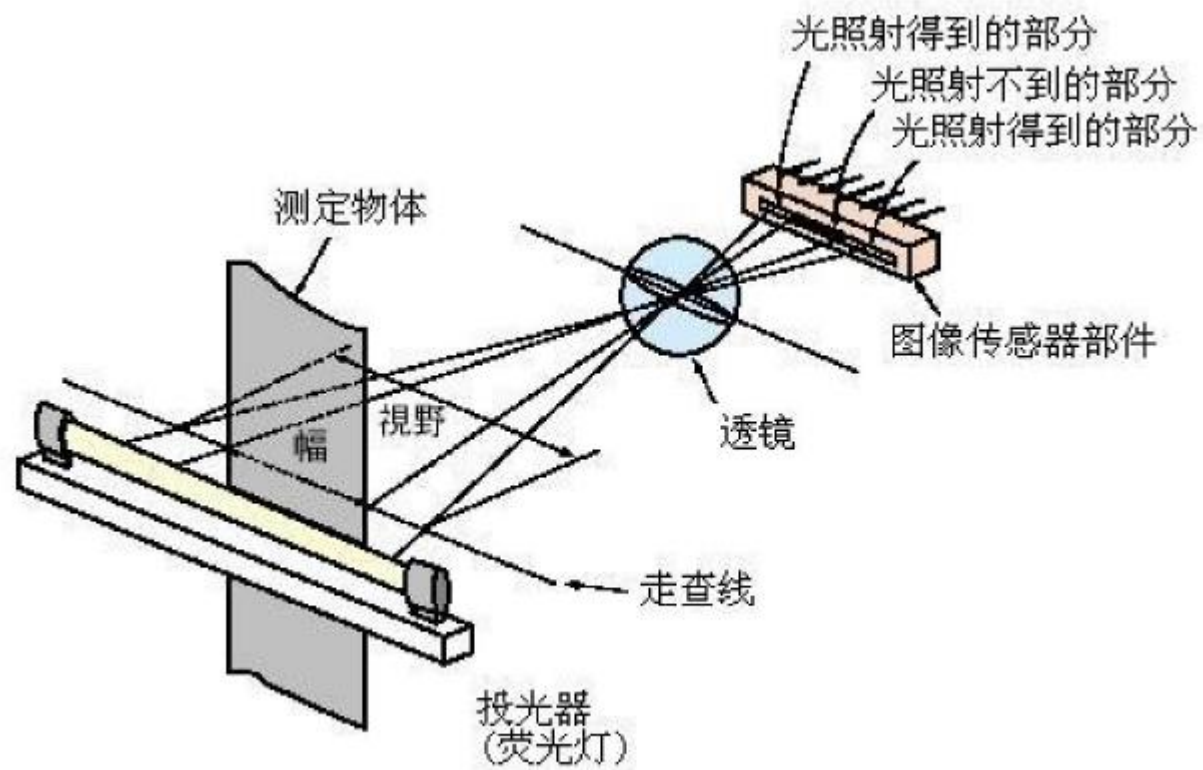
线阵摄像机的适用场合

- • 高分辨率
- • 高速运动
- • 曲面检测

创视自动化

线阵摄像机的工作原理

- • 线阵摄像机是由Line-Scan CCD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。



线阵摄像机采集速度的确定

- • 线阵摄像机的采集速度（Line Rate）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

线阵摄像机曝光时间的确定

- 普通线阵最大的曝光时间取决于最高行频,
 $t < 1/[\text{最高行频}]$

创视自动化

确定视场范围的方法

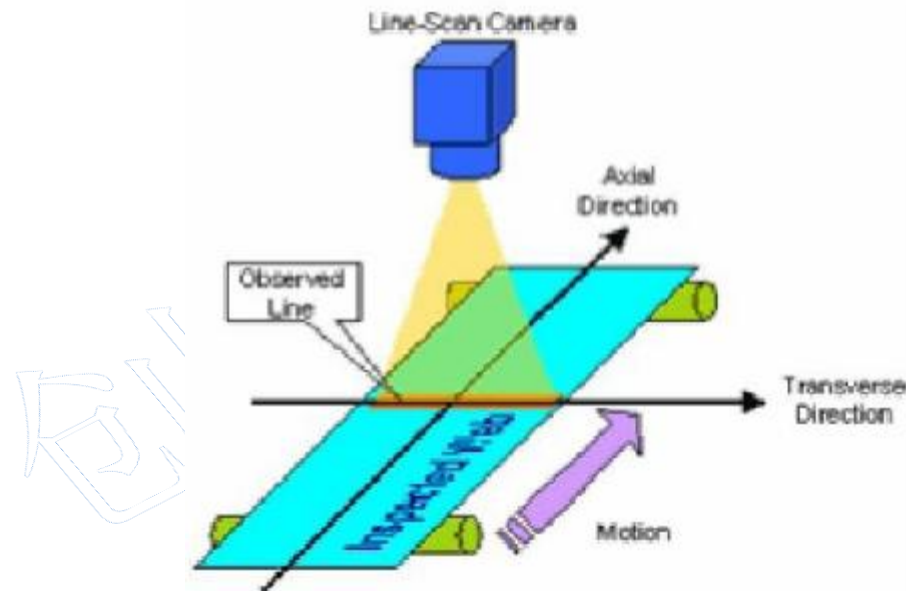
- • 线阵的视场范围是一维的，即只有宽度信息
- • 线阵的视场宽度和所选择的镜头焦距是相关的
- • 线阵的视场宽度的计算公式如下：
- • $\text{Field of view (FOV)} = [\text{pixel cell size}] \times [\text{number of pixels}] \times [\text{working distance}] / [\text{focal length}]$
- • 例如，某线阵摄像机Sensor上的像素物理尺寸（宽度）10um，摄像机的分辨率是2048 个像素，镜头距离被测物体的距离是160mm，使用的镜头焦距是55mm，那么该情况下的视场宽度是：

$$\text{FOV} = 10\text{um} \times 0.001 \times 2048 \text{ pixels} \times 160\text{mm} / 55\text{mm} = 59.58\text{mm}$$

- • 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。

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确定

- • 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（mm/s）
/线阵摄像机工作行频（Hz）
- • 例：DALSA PC-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
 $[150000\text{mm}/60\text{s}] / 19.5\text{kHz} = 0.12\text{ mm};$
- 即在图像的高度方向上，每个像素代表实际长度是0.12mm。

相机术语

创视自动化

分辨率（Resolution）：

- 用于衡量相机对物像中明暗细节的分辨能力。
- 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CCD 或者CMOS 传感器的像元数对应的，如1280x1024（130 万），1600x1200（200 万），2048x1536（300 万）等等；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）：

像素深度是指存储每个像素所用的位数，它也是用来度量图像的分辨率。像素深度决定彩色图像的每个像素可能有的颜色数，或者确定灰度图像的每个像素可能有的灰度级数。例如，一幅彩色图像的每个像素用R，G，B三个分量表示，若每个分量用8位，那么一个像素共用24位表示，就说像素的深度为24，每个像素可以是16 777 216（2的24次方）种颜色中的一种。在这个意义上，往往把像素深度说成是图像深度。表示一个像素的位数越多，它能表达的颜色数目就越多，而它的深度就越深。虽然像素深度或图像深度可以很深，但各种VGA的颜色深度却受到限制。例如，标准VGA支持4位16种颜色的彩色图像，多媒体应用中推荐至少用8位256种颜色。由于设备的限制，加上人眼分辨率的限制，一般情况下，不一定要追求特别深的像素深度。此外，像素深度越深，所占用的存储空间越大。相反，如果像素深度太浅，那也影响图像的质量，图像看起来让人觉得很粗糙和很不自然。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。

像元尺寸（Pixel Size）：

- ❑ 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。

最大帧率 (Frame Rate) /行频 (Line Rate) : 创 视 自 动 化

- ❑ 每秒的帧数 (fps) 或者说帧率表示图形处理器处理场景时每秒钟能够更新几次。
- ❑ 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 (Frames/Sec)。
- ❑ 对于线阵摄像机为每秒采集的行数 (Hz)。

快门速度（Shutter）：

- 快门速度一般可到10微秒，高速摄像机还可以更快。

创视自动化

增益 (Gain)

- 增益俗称对比度，相当于在颜色值（灰度值）乘了一个放大系数，增大增益可以使层次拉得更开，但也不应过大，过大的话一些本来值就高的像素就已经饱和，本来值就低的像素仍然在变大，反而层次就拉不开了。
- 增益变大的同时噪声也会被放大。

亮度 (brightness)

- 提高亮度将在所有像素上增加一个常数灰度值。

创视自动化

AD控制(AD转换级别)

- 图像传感器通过AD变换后输出12位的数据。但是计算机上只能识别8位的数据，所以需要用户自己选择使用12位中的哪8位。共有5种选择：
0到7位，1到8位，2到9位，3到10位，4到11位。
- 系统初始默认是采用4到11位的8位数据。
- 选用的数据位数越高，比如说4到11位，图像噪声越小，但其他参数相同的情况下，图像越暗，层次也越少。
- 选用的数据位数越低，图像越亮，层次也可以拉的很开，但是图像上的噪声就会相应增加。

影响图像亮暗的参数都有哪些？

- 曝光时间：曝光时间增大图像变亮，反之变暗；曝光时间太长会影响帧率，还会影响拍摄动态物体的效果。
- 增益：增益增大图像变亮，反之变暗；增益太小层次拉不开，增益太大噪声会加大。
- 光圈：光圈开大图像变亮，反之变暗；光圈太大会影响景深。
- 亮度：亮度增大图像变亮，反之变暗；亮度越高层次感越差。
- AD控制：AD控制中，查找表选得位数越低图像越亮，反之变暗；选择的位数高层次拉开不明显，选择位数据低噪声会加大。
- 白平衡（彩色相机）：白平衡增大图像变亮，反之变暗；改变单个通道的颜色系数会导致颜色的变化。

触发机制(Trigger Mechanisms)

- 视觉系统对外部事件的及时响应即为触发，触发可以通过软件实现，也可以通过硬件实现。
- 一般情况下，当一个事件发生时它触发采集卡并同时触发相机的重启信号。另外，触发频闪器也可以帮助冻结运动物体的图像。

相机选型

相机选型

- 分辨率
- 客户提供其需要的分辨精度和视场大小，那么我们选择相机的像素的关系如下：
- 相机分辨率 $(L/W) = \text{视场}(L/W) / \text{精度}$
- 假如客户的视场大小是100mm*75mm，精度要求0.05mm，那么相机的像素长为 $100/0.05=2000\text{pix}$ ，也就是需要 $2000*1500=3000000=300\text{万}$ 像素的相机。
- 这样算出来的仅仅是相机的像素精度，并不代表整个系统的精度就有这么高，还有其它的因素要考虑，如镜头的分辨率，系统的抖动，光源的波长（颜色），物体本身的特征等等。
- 算出来的相机的像素精度一定要高于系统所要求的精度，才有实际的测量意义，亚像素的精度提升在实际的测量中并没有太多的影响。

颜色

- 通常视觉系统中，一般选用黑白相机，只有需要测量彩色图像是才会考虑彩色相机，这是因为在机器视觉中，对黑白图像的算法比彩色图像多，黑白相机使用的单色光源成像质量也比彩色相机使用复合白光的质量要好。

传感器类型

- 如果拍摄目标是静态的，为了节约成本，可以考虑CMOS相机，而拍摄目标是运动的，则优先考虑CCD相机。

传感器尺寸

通常传感器的尺寸与所选择的像素是对应的，如30W通常是1/3 ‘的，130W~500W~是1/2’ 的，有些500W也有2/3 ‘的。有些30W的也有1/4’ 的。如果是同等价位，那么我们优先选择传感器尺寸大的。

相机镜头接口

一般的相机都是C/CS接口的，需要注意与镜头的对应。如果有其它接口的镜头，也要考虑相机的接口。

相机输出接口

同等价位像素条件下优先选择实际输出速度快的接口类型。如Camera Link>GIGE>1394>USB等。

视觉平台

- 一般情况下，选择PC作为视觉平台，但是也可以考虑选择整体成本较低的CHECK,或者是高度集成的智能相机。
- 智能相机(Smart Camera)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。

谢谢

如有疑问，请联系
罗先生：13538566446