

【科普】工业镜头和家用镜头的特点和区别

一、工业镜头的特点及分类

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。

工业镜头相当于人眼的晶状体，如果没有晶状体，人眼看不到任何物体；如果没有镜头，那么摄像头所输出的图像；就是白茫茫的一片，没有清晰的图像输出，这与我们家用摄像机和照相机的原理是一致的。当人眼的肌肉无法将晶状体拉伸至正常位置时，也就是人们常说的近视眼，眼前的景物就变得模糊不清；摄像头与镜头的配合也有类似现象，当图像变得不清楚时，可以调整摄像头的后焦点，改变 *CCD* 芯片与工业镜头基准面的距离(相当于调整人眼晶状体的位置)，可以将模糊的图像变得清晰。由此可见，镜头在闭路监控系统中的作用是非常重要的。工程设计人员和施工人员都要经常与镜头打交道：设计人员要根据物距、成像大小计算镜头焦距，施工人员经常进行现场调试，其中一部分就是把镜头调整到最佳状态。

1、工业镜头的安装尺寸，接口

所有的摄像机镜头均是螺纹口的，*CCD* 摄像机的镜头安装有两种工业标准，即 *C* 安装座和 *CS* 安装座。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 。

CS 安装座：特种 *C* 安装，此时应将摄像机前部的垫圈取下再安装镜头。其镜头安装基准面到焦点的距离是 12.5mm 。如果要将一个 *C* 安装座镜头安装到一个 *CS* 安装座摄像机上时，则需要加装一个 5mm 厚的接圈。

2、镜头的尺寸

以摄像机镜头尺寸分镜头可以分为 1 英寸、 $2/3$ 英寸、 $1/2$ 英寸、 $1/3$ 英寸、 $1/4$ 英寸、 $1/5$ 英寸等规格，下面是一个简单的芯片尺寸规格表：

摄像机镜头规格应视摄像机的 *CCD* 尺寸而定，两者应相对应。大概：

★ 摄像机的 *CCD* 靶面大小为 $1/2$ 英寸时，镜头应选 $1/2$ 英寸。

★ 摄像机的 *CCD* 靶面大小为 $1/3$ 英寸时，镜头应选 $1/3$ 英寸。

★ 摄像机的 *CCD* 靶面大小为 $1/4$ 英寸时，镜头应选 $1/4$ 英寸。

如果镜头尺寸比摄像机 *CCD* 靶面尺寸大时，将使图像视野比镜头视野小，即不能很好地利用镜头的视野；如果镜头尺寸比摄像机 *CCD* 靶面尺寸小时，将发生“隧道效应”，即图像有圆形的黑框，像在隧道里拍的一样。

监控相机一般都比较小，甚至小于 $1/3$ 英寸；工业相机稍微大一些，一般 $1/2$ 英寸到 1 英寸不等；传统的 *135* 相机底片比当前的一般感光芯片都大， $36\text{mm}\times 24\text{mm}$ (1.4 英寸 $\times 0.9$ 英寸)，画面对角线长度为 43mm (1.7 英寸)，即是 1.7 英寸的，*120* 中幅相机，其感光面尺寸有三种： $45\times 60\text{mm}$ 、 $60\times 60\text{mm}$ 和 $90\times 60\text{mm}$ ，可见画幅更大。

3、镜头的光圈，*F* 值

光圈的主要作用是通过控制镜头光量的大小满足成像所需的合适照度。光圈越大，靶面成像照度越大，摄像机输出信号强度越大，信噪比越高。可以理解，通光孔径越大，通过的光量越大；但我们关心的是到达芯片的光量，而焦距越长，意味着芯片离镜头中心越远，相应的光就越弱，所以，标准光圈大小的参数应该与两个变量有关，孔径，焦距。

光圈系数，即 *F* 值即是用来表征光圈的大小的参数。它等于镜头焦距 *f* 和通光孔径 *D* 之比。光通量与 *F* 值的平方成反比关系，*F* 值越小，光通量越大。*F* 值的规律是后一个值正好是前一个数值的 $\sqrt{2}$ 倍，所以，光圈调大一挡，光量减少 2 倍。常用值为 1.4 、 2 、 2.8 、 4 、 5.6 、 8 、 11 、 16 、 22 等几个等级。

一般光圈都可以调节，从而有手动光圈和自动光圈之分。

手动光圈工业镜头是最简单的工业镜头，适用于光照条件相对稳定的条件下，手动光圈由数片金属薄片构成。光通量靠镜头外径上的一个环调节。旋转此圈

可使光圈收小或放大。在照明条件变化大的环境中或不是用来监视某个固定目标，应采用自动光圈工业镜头，比如在户外或人工照明经常开关的地方，自动光圈镜头的光圈的动作由马达驱动，马达受控于摄像机的视频信号。

自动光圈工业镜头又有两类：一类是将一个视频信号及电源从摄像机输送到透镜来控制镜头上的光圈，镜头本身包含放大器电路，用以将摄像头传来的视频幅度信号转换成对光圈马达的控制，这称为视频(VIDEO)驱动型；另一类则利用摄像机上的直流电压来直接控制光圈，称为直流(DC)驱动型，这种镜头只包含电流计式光圈马达，要求摄像头内有放大器电路。

对于各类自动光圈工业镜头，通常还有两项可调整旋钮，一是 *ALC* 调节 (测光调节)，有以峰值测光和根据目标发光条件平均测光两种选择，一般取平均测光档；另一个是 *LEVEL* 调节(灵敏度)，可将输出图像变得明亮或者暗淡

4、工业镜头的视角，焦距

焦距的大小决定着视场角的大小，焦距数值小，视场角大，所观察的范围也大，但距离远的物体分辨不很清楚；焦距数值大，视场角小，观察范围小，只要焦距选择合适，即便距离很远的物体也可以看得清清楚楚。由于焦距和视场角是一一对应的，一个确定的焦距就意味着一个确定的视场角，所以在选择镜头焦距时，应该充分考虑是观测细节重要，还是有一个大的观测范围重要，如果要看细节，就选择长焦距镜头；如果看近距离大场面，就选择小焦距的广角镜头。

1) 焦距的计算：

镜头的焦距，视场大小及镜头到被摄取物体的距离的计算如下：

$$f = wL / W$$

f: 镜头焦距

w: 图象的宽度(被摄物体在 *ccd* 靶面上成象宽度)

W: 被摄物体宽度

L: 被摄物体至镜头的距离

高度可以类比。

2) 视场角的计算：

$$\operatorname{tg}(\omega H/2) = h/2f = W/L \quad \operatorname{tg}(\omega V/2) = v/2f = H/L$$

ωH : 水平视场角

ωV : 垂直视场角

f : 镜头的焦距

h : 摄像机靶面的水平宽度

v : 摄像机靶面的垂直高度

W : 最大可见物体宽度的一半

H : 最大可见物体高度的一半

L : 被摄物体至镜头的距离

垂直视角可以类比。

3) 镜头按视角分类

镜头按视角分可以分为:

标准镜头: 视角 30 度左右, 在 1/2 英寸 CCD 摄像机中, 标准镜头焦距定为 12 mm, 在 1/3 英寸 CCD 摄像机中, 标准镜头焦距定为 8 mm。之所以称 30 度视角的镜头是标准镜头是因为人眼的有效视角大概是 30 度。

广角镜头: 视角 90 度以上, 焦距可小于几毫米, 可提供较宽广的视景。

远摄镜头: 视角 20 度以内, 焦距可达几米甚至几十米, 此镜头可在远距离情况下将拍摄的物体影响放大, 但使观察范围变小。

4) 镜头按焦距分类

镜头从焦距上分为:

短焦距镜头: 因入射角较宽, 可提供一个较宽广的视野。

中焦距镜头: 标准镜头, 焦距的长度视 CCD 的尺寸而定。

长焦距镜头: 因入射角较狭窄, 故仅能提供狭窄视景, 适用于长距离监视。

按焦距分类和按视角分类是对应的。

5) 定焦镜头和变焦镜头

有些镜头的焦点是固定的，而有些镜头的焦点是可变的，这分别称为定焦镜头和变焦镜头。

变焦镜头也常被成为变倍镜头，它的焦距连续可变，即可将远距离物体放大，同时又可提供一个宽广视景，使监视范围增加。变焦镜头有手动伸缩镜头和自动伸缩镜头两大类。典型的光学放大规格有 6 倍(6.0-36mm, F1.2)、8 倍

(4.5-36mm, F1.6)、10 倍(8.0-80mm, F1.2)、12 倍(6.0-72mm, F1.2)、20 倍(10-200mm, F1.2)等档次，并以电动伸缩镜头应用最普遍。

5、镜头的分辨率

描述镜头成像质量的内在指标是镜头的光学传递函数与畸变，但对用户而言，需要了解的仅仅是镜头的空间分辨率，以每毫米能够分辨的黑白条纹数为计量单位。

6、特殊镜头

在特殊的安全镜头族群中，值得一提的品种包括光纤镜头、管道镜头、分像镜头、拐角镜头、中继镜头、自动聚焦镜头、安定镜头和长程镜头。这些镜头各有所长，可以实现普通镜头所无法完成的特殊功能。

1) 光纤镜头和管道镜头

设计难度较大的监控系统中往往需要使用粘连光纤束镜头。与通常用于视频信号传输的单模光纤和多模光纤不同，这种光纤束是由上千根单独的玻璃光纤粘连在一起组成的。它可以将物镜得到的光学图像传输到十几厘米到几米远的地方。中继镜头从光纤束处理到图像后，再将其传送到摄像机的传感器上。通过光纤镜头取得的画面，其质量不如通过普通镜头取得的画面好。因此，这种镜头只能用在普通镜头无法解决问题的场合。光纤镜头分为刚性和柔性两种。

高分辨率（450 线）的粘连光纤束中有几万根玻璃纤维，光学图像就是通过这些纤维从一端传输到另一端，每根光纤在光纤束两端的几何阵列中所处的位置完全相同。完整的“光纤镜头”除了包括这个光纤束外，还需要在前面加装成像用的物镜，在后端加装传递图像用的中继镜头（以便图像会聚到传感器上）。光纤镜头通常用于穿过厚墙对隔壁房间的监视，有时也用在必须将摄像机与镜头分开一端距离的场合。另一种常用的长距离采光镜头是管道（borescope）镜头。

管道镜头由直径为 0.04~0.5 英寸、长 6~30 英寸的通光管、杆状镜头和多联式中继镜头共同组成。中间的镜头用于将物镜形成的光学图像传送给后面的镜

头，进而传送到摄像机传感器上。单杆镜头使用的是独特的 *GRIN* (*graded index*, 渐变折射率) 玻璃杆，光学图像在通过它之间能够重新聚焦。由于杆和镜头的直径都很小，只有少量的光线能透入摄像机内部，因此这种系统的光学速度较慢，通常为 $f/11$ 和 $f/30$ 。这一特性使得管道镜头只能与光线充足的场景和高灵敏度的摄像机配用。因为管道镜头中使用的都是玻璃透镜，它的图像质量比光纤镜头要好一些。

2) 分像镜头

能够将两个单独场景同时成像的同一摄像机上的镜头称作分像镜头或双焦镜头。这种镜头使用两个分开的透镜或双焦镜头。这种镜头使用两个分开的透镜获取两个场景的图像后，再将其投射到摄像机的传感器上，其中的两个透镜焦距可能相同，也可能不同；可能朝向同一方向，也可能朝向不同的方向。

分像镜头的转接器可以起到同样的作用。除了用于连接摄像机的接口外，转接器上还有两个 *C* 型接口或 *CS* 接口，可以连接两个普通镜头，从而实现“一机两景”。

根据双焦镜头设计不同，最后得到的双景图像可以是左右分割的，也可以是上下分割的。所以定焦镜头、变焦镜头、针孔镜头或其它镜头，只要其接口是 *C*

型或 *CS* 型的，就都可以用到这种转换器上。侧镜位置安装的可调式反射镜可以

改变镜头观察的方向。在侧镜旁边再加装一只反射镜，就可以让两中镜头对准同一场景。

在这种情况下，如果前镜使用广角镜头 (6.5mm)，侧镜使用狭角镜头 (75mm)，就构成一个双焦镜头，与之相连的摄像机可以同时看到同一场景

的广角和狭角的图像。在左右分割时，每个镜头的水平视场都变为正常情况下的 $1/2$ (每个镜头只能使用传感器的一半宽度)。将分像镜头旋转 90° ，可以

得到上下分割的图像。双焦镜头在监视器上形成的图像是倒转的，因此需要将摄像机倒转过来安装。

三向光学分像镜头可以同时观察三个不同的场景。三分镜头主要用于观察丁字型走廊，但是也可以作其它用途。使用三分镜头，可以同时观察三个不同的场景(放大倍数可以相同，也可以不同)，而这三个场景是显示在同一监视器上。这样，我们就节省了两只摄像机、两台监视器和一只画面分割器。每个场景占据在监视器屏幕的 $1/3$ 面积。镜头上的可调光学器件允许分别调节三个物镜的仰角，以

适用长短不同的走廊需要（长走廊镜头接近水平，短走廊需要镜头略微冲下）。与双分镜头一样，摄像机也要倒转安装。

3) 拐角镜头

拐角镜头使得摄像机可以做贴墙式的安装，即摄像机与轴线与墙面相平行。在墙壁后面的空间比较有限的场合，像柜员机、天花板或升降机内，拐角镜头将会是一个很好的解决方案。拐角光学镜头使得 2.6mm 镜头的轴线变得与摄像机的轴线相垂直，因为 2.6mm 镜头的视场可以达到 110° ，所以使用反光镜来解决这个问题将是不可能的。因为平面反射镜无法将全部场景反射到摄像机镜头上。这种黑边 (*vignetting*) 现象将使得我们无法在监视器上看到场景的部分边缘。

拐角转接器可以套接所有焦距的镜头，但镜头必须带有 C 型或 CS 型的接口。

4) 中继镜头

中继镜头用来将镜头或粘连光纤束聚焦的光学图像传送到摄像机传感器上。这种镜头必须与其它物镜一起使用，其自身不能成像。在与光纤镜头配用时，它将光纤束输出端上面的图像投射到传感器上。与分像镜头或拐角镜头配用时，它也可以将双景图像或改向的图像投射到传感器上。中继镜头可以被看作是一个没有放大倍数的附加镜头，在与普通镜头配用时，它的主要作用是使得镜头和传感器之间的距离适当增大。

5) 自动聚焦镜头

自动聚焦镜头在安全方面的应用相当有限，这是因为它的价格比普通的手动调焦镜头要昂贵。自动聚焦镜头主要用于便携式家用摄录机。这种机器所使用的镜头都是变焦镜头。

自动聚焦技术共有三种：主动红外测距、超声波定位和固态三角测量。主动红外自动聚焦使用的是三角测量原理。镜头中有一个发光二极管，可以向变焦镜头场景中心区域发射一小束红外线。接收透镜将反射回来的红外光投射到镜头旁的两个硅探头上。镜头内的微处理器电路再根据镜头聚焦环的物理位置和 CCD 传感器上得来的数据计算出目标与摄像机之间的距离。之后，微处理器电路会控制变焦镜头上的电动聚焦环，使中心目标清晰地聚焦在传感器上。

自动聚焦镜头不能适用于所有的工作场合。如果目标不反射红外光，或目标将所有红外光都反射到了其它方向，从而致使摄像机接收不到回光，或目标超出了系统的工作范围，都将无法触发系统的自动聚焦功能。

6) 安定镜头

在安全系统中，当镜头和摄像机在观察场景时晃动或震动时，就需要使用安定镜头。安定镜头广泛应用在手提式摄录机、车载摄像机、空中平台摄像机和船载摄像机系统中。安定镜头可以抵消摄像机因风吹而引起的严重晃动。这种镜头系统内部设有活动光学器件，并通过这种器件的反向移动来抵消摄像机和场景之间相对移动。

二、家用镜头的分类及特点

1、镜头一般按照焦距大小分类：

鱼眼镜头；微距镜头；广角镜头；标准镜头；长焦镜头；超长焦镜头；变焦镜头等；

标准镜头：拍摄风景及人物都可以，介于广角与长焦之间；

长焦镜头：拍摄远处人物特写及远处物体，如体育比赛；

广角镜头：拍摄风景及大场面焦距无限远；

鱼眼镜头：视角 180 度，畸变大，特殊用途；

微距镜头：拍摄较小物体近距离拍摄如小蚂蚁等；

超长焦镜头：可以拍摄月亮及星星；

变焦镜头：焦距可以根据拍摄物体改变的镜头，可以拍出运动效果。

三、工业镜头和家用镜头的区别

1、清晰度不同

镜头在成像面中心的分辨率是最高的，在边缘的差之。普通镜头在中心分辨率可以满足清晰度的同时，边缘的清晰度降低很多，总体清晰度可满足普通摄像机 44 万像素的要求。决定镜头清晰度的关键因素有三个：

1) **镜片材质和纯度**。镜片的杂质越少，其产生的干扰光线越少，画面清晰度更高；

2) **镜片的研磨精度**。镜片的研磨精度有研磨设备决定，目前国内镜头较国外镜头的差异就几种的这点上；

3) **镜片的镀膜精度**。对镀膜工艺的精确控制也是镜头清晰度的决定因素之一。

另外百万像素镜头采用非球面镜片，可减低像差，在相对于普通镜头提高清晰度

的同时做到了小型化的设计；通过特殊的光学设计技术，从图像中心到周边部分的画质实现高解像力、高对比度的画面，比传统镜头提高了大约 2.5 倍以上的解像力，即使是在图像剪切或放大功能时，依然能保证高画质。

2、光谱透射能力不同

镜头的光谱透射能力也有助于画面清晰度的提高。宽频率光线的透射，将大大提高摄像机靶面的受光量。可增强画面的对比度和亮度，对画面的细节表现更丰富。

3、光谱矫正能力不同

只有宽光谱的透射能力对于高清晰成像还远远不够，如果镜头的光谱矫正能力不足，反而将使部分波长的光不能准确的在摄像机靶面上成像，致使虚像的产生。这种技术是普通镜片通过镀膜无法实现的。KOWA 采用 ED（超低色散）镜片，可以很好的解决此问题。例如 KOWA 的 LMZO812AMPDC-IR 就是一款对应 300 万像素红外无偏焦镜头，可以将可见光和非可见光同时准确的在摄像机靶面上成像，得到高清的画面效果。

中国机器视觉商城知名的百万像素工业镜头品牌有 Computar、意大利 OPTO、宾得等。各大镜头厂商均推出了不同焦距段的高清产品，给用户提供了更多的选择。随着 ED 镜片、自动聚焦等功能在高清镜头中的应用，使得高清产品成为市场的主流