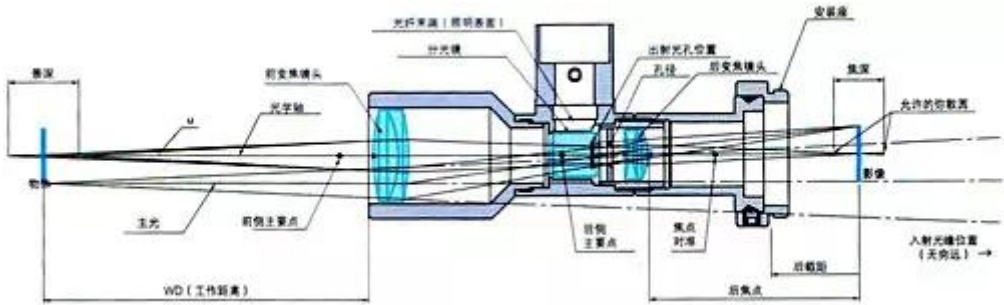


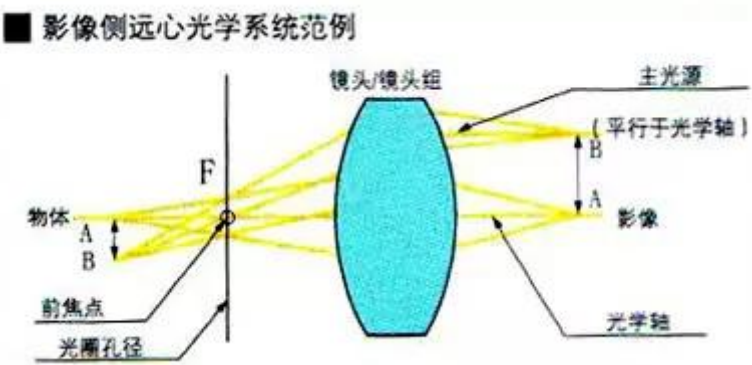
科普：机器视觉工业镜头专业术语详解（图）

机器视觉系统中，镜头相当于人的眼睛，其主要作用是将目标的光学图像聚焦在图像传感器（相机）的光敏面阵上。视觉系统处理的所有图像信息均通过镜头得到，镜头的质量直接影响到视觉系统的整体性能。下面对机器视觉工业镜头的相关专业术语做以详解。



一、远心光学系统：

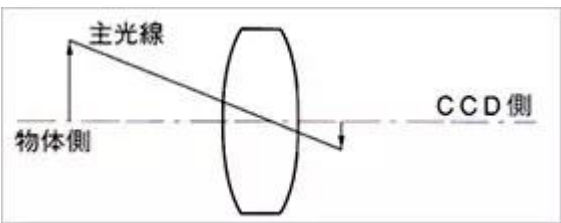
指主光线平行于镜头光学轴的光学系统。而光从物体朝向镜头发出，与光学轴保持平行，甚至在轴外同样如此，则称为物体侧远心光学系统。光从镜头朝向影像，与与光学轴保持平行，甚至在轴外同样如此，则称为影像侧远心光学系统。



二、远心镜头：

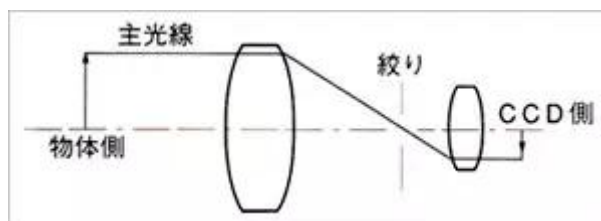
远心镜头指主光线与镜头光源平行的镜头。有物体侧的远心，成像侧的远心，两侧的远心行头等方式。

通常的镜头



主光线与镜头光轴有角度，因此工件上下移动时，像的大小有变化。

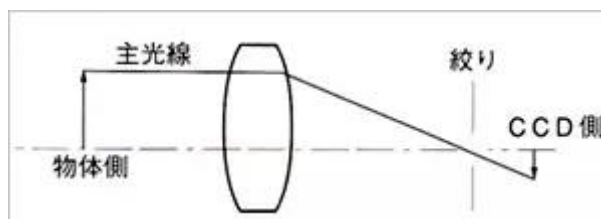
两方远心镜头



主物方，像方均为主光线与光轴平行

光圈可变，可以得到高的景深，比物方远心镜头更能得到稳定的像
最适合于测量用图像处理光学系统，但是大型化成本高

物方远心镜头

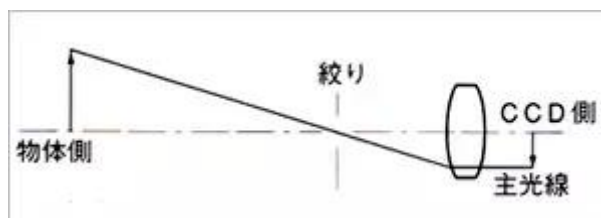


只是物方主光线与镜头主轴平行

工件上下变化，图像的大小基本不会变化

使用同轴落射照明时的必要条件，小型化亦可对应

像方远心镜头



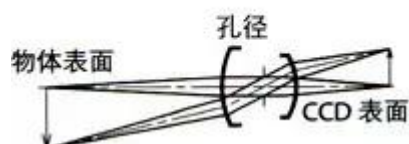
只是像方主光线与镜头光轴平行

相机侧即使有安装个体差，也可以吸收摄影倍率的变化

用于色偏移补偿，摄像机本应都采用这种镜头

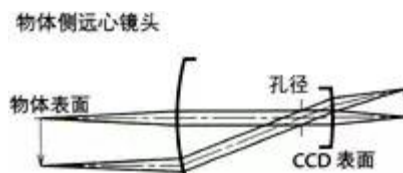
三、远心光学系统的特色：

非远心镜头



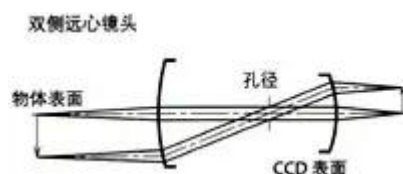
优点：更小的尺寸。减少镜头数量，可降低成本。

缺点：上下移动物体表面时，会改变物体尺寸或位置。



优点：上下移动物体表面时，不会改变物体尺寸或位置。使用同轴照明时，可使用更小的尺寸。

缺点：未使用同轴照明时，大于标准镜头的尺寸。

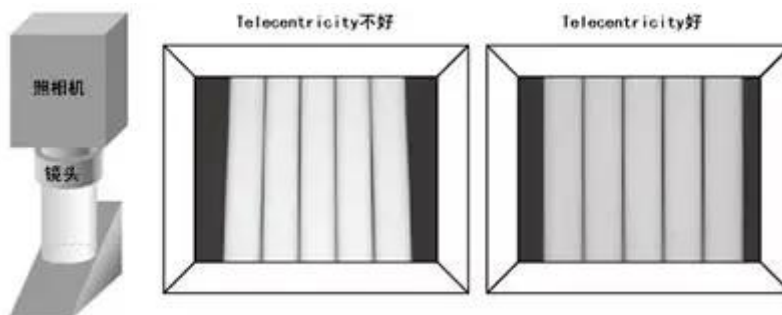


优点：与 MML 相似，但镜头凸缘后端的尺寸出现极大差异时，会改善精确度。

缺点：与 MML 相似，但成本比 MML 更高。

四、远心：

Telecentricity 是指物体的倍率误差。倍率误差越小，Telecentricity 越高。Telecentricity 有各种不同的用途，在镜头使用前，把握 Telecentricity 很重要。远心镜头的主光线与镜头的光轴平行，Telecentricity 不好，远心镜头的使用效果就不好；Telecentricity 可以用下图进行简单的确认。



五、分辨率 (μm)：

光学系能力的尺度，表示黑白格状图案通过镜头观察时，1mm 中可以分辨观察到黑白条纹的最多对数。分辨率为两点间在无法识别前，能靠近的最近距离测量值，例如 1μm 的分辨率代表两点间在无法识别前，能靠近的最近距离为 1μm。以下为根据镜头的无相差光衍射情况计算理论分辨率的公式。

Rayleigh 公式

$$\frac{0.61 \times \lambda}{NA}$$

λ：波长 0.61：固定

六、分辨力(Lines / mm)：

分辨率指黑白网线图镜头里影像内 1mm 面积，可识别的黑白两色条纹数。分辨率的单位为线条/mm，例如 100 线条/mm 代表可识别黑白间距 1/100mm(10μm)。黑白线条的宽度为 1/200mm(5μm)。

七、水平 TV 分辨率（TV 线条）：

宽度里的黑白水平线总条数，相当于电视机屏幕垂直高度的高度值。屏幕的垂直与水平长度比率通常为 3:4，因此水平宽度里的总条数为 3/4。电视机水平分辨率为 240TV 条线，电视机屏幕水平宽度的总条数为 320 条线。测量镜头的分辨率时，一组黑色与白色线条应视为一条线，但是在电视机分辨率线条方面，一组视为 2TV 线条。

八、失真（%）：

失真为光学轴外的直型物体，呈现曲线时的镜头像差。镜头失真也称为镜头畸变，即光学透镜固有的透视失真的总称，可分为枕形失真和桶形失真，直线朝向中心的失真情况为枕形失真(Pincushion Distortion)，向外扩张的失真称为桶形失真(Barrel Distortion)。如下图示：



九、TV 失真（%）：

TV 屏幕上的影像失真。数值越接近零，性能越高。



十、电视失真：

实际边长的歪曲形状与理想的形状的百分比算出的值。

十一、孔径效率边缘光量（%）：

孔径效率为使用镜头拍摄均匀亮度的物体时，成像盘光学轴与四周区域之间的亮度差异，单位为百分比（%），假设中央亮度为 100，为镜头的光学特征之一。

十二、遮蔽（%）：

遮蔽为使用镜头与 CCD-TV 镜头拍摄均匀亮度的物体时，电视机屏幕中央与边缘之间的亮度差异，单位为百分比（%）。通常使用受光组件与 CCD 组件的功率比计算此百分比。遮蔽意指镜头与 TV 镜头的整体表现，可使用远心光学系统以缩小遮蔽的情况。

十三、色差：

在镜头光学统中，形成影像的位置与影像放大倍率随光线波长的不同而不同。不同波长的光线有不同的颜色，这叫做色彩失真。光学轴上的失真叫做色彩失真。放大倍率的差异则叫做放大倍率色彩失真。

十四、工作距离（WD）（mm）：

工作距离指镜头第一个工作面到被测物体的距离。

十五、物像间距离 O/I（Object to Imager）

O/I 指物体到结像平面的距离。



十六、焦距 f（mm）后焦距/前焦距

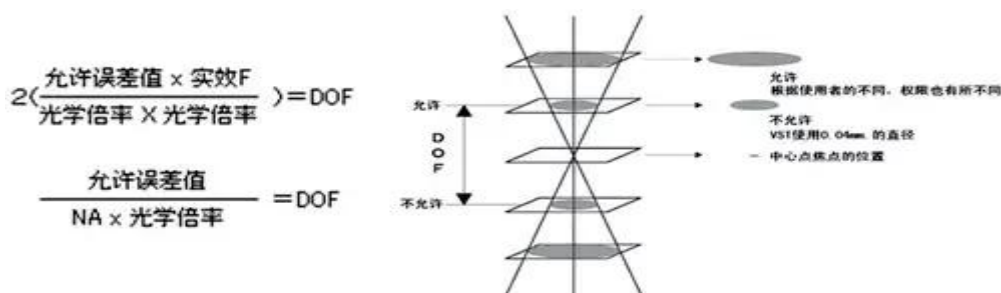
焦距为光学系统的主光点到焦点的距离。从最后一片镜头的顶点到后焦点的距离，为后焦距。从第一片镜头的顶点到前焦点的距离，为前焦距。

十七、景深：

深度为与物体从最佳焦点前后移动时，出现最锐利焦点的最近点与最远点之间的距离。物体侧的深度范围称为景深。同样，照相机侧的范围称为焦点深度。具体的景深的值多少略有不同。景深（Depth of Field）可以用以下的计算式计算出来：

景深 = $2 \times \text{Permissible COC} \times \text{实效 } F / \text{光学倍率}^2 = \text{允许误差值} / (\text{NA} \times \text{光学倍率})$ (使用的是 0.04mm 的 Permissible COC)

通过镜头的影像理论土会形成点状。清晰影像上出现可接受的模糊情况，称为可接受的弥散圆。



十八、焦深：

深度为当 *CCD* 从最佳焦点前后移动时，出现最锐利焦点的最近点与最远点之间的距离。

影像侧的深度范围称为焦深。

十九、后截距 (mm)：

从镜头安装座盘前端到影像的距离。

二十、C 安装座规格：

名称	标准外径	螺丝螺纹数(25.4mm 用)	后截距
U1	25.4000mm	32Threads	17.526mm

二十一、数值孔径 NA ， NA' ：

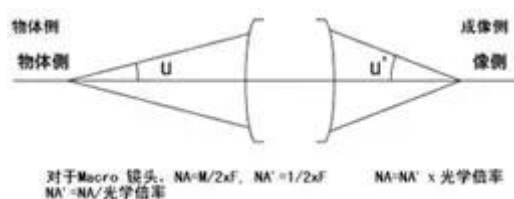
当物体在入射光孔上产生的半角为 u ，且折射率为 n ， $n \times \sin u$ 为物体侧数值孔径(NA)。

当物体在出射光孔上产生的半角为 u' ，且折射率为 n' ， $n' \times \sin u'$ 为影像侧数值孔径 (NA')。

$$NA = n \times \sin u$$

$$NA' = n' \times \sin u'$$

NA 越高，镜头的分辨率与亮度越佳。如下图所示 入射角度 u ，物体侧折射率 n ，成像侧的折射率 n' ： $NA = NA' \times \text{放大率}$



对于 Macro 镜头， $NA = M/2 \times F$ $NA' = 1/2 \times F$ $NA = NA' \times \text{光学倍率}$ $NA' = NA$
 $\times \text{光学倍率}$

二十二、F 值 F No:

此值指镜头的亮度。将镜头对焦距离除以物体侧的有效直径（入射光孔直径 D_{mm} ），即可得到此数值，也可使用 NA 与镜头的光学放大倍率(β)计算。数值越小，镜头越明亮。

$$F\ No = \text{焦距} / \text{入射孔径或有效口径} = f / D$$

二十三、有效 F No:

此值为具体在有限距离内的镜头亮度，指实际操作时的亮度。光学放大倍率越高(β)，镜头越暗。

$$\text{实效 } F = (1 + \text{光学倍率}) \times F\#, \quad \text{实效 } F = \text{光学倍率} / 2NA$$

二十四、光学放大倍率 β :

物体尺寸与影像尺寸的比例。		
β	$= y' / y$	
	$= b / a$	
	$= NA / NA'$	
	$= \text{CCD 镜头元件尺寸} / \text{视野实际尺寸}$	

二十、C 安装座规格:

名称	标准外径	螺丝螺纹数(25.4mm 用)	后截距
U1	25.4000mm	32Threads	17.526mm

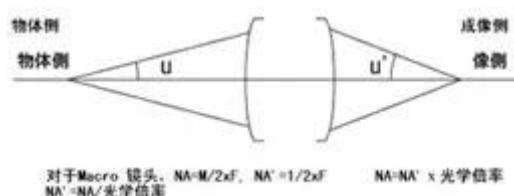
二十一、数值孔径 NA , NA' :

当物体在入射光孔上产生的半角为 u , 且折射率为 n , $n \times \sin u$ 为物体侧数值孔径(NA)。

当物体在出射光孔上产生的半角为 u' , 且折射率为 n' , $n' \times \sin u'$ 为影像侧数值孔径(NA')。

$$NA = n \times \sin u \qquad NA' = n' \times \sin u'$$

NA 越高, 镜头的分辨率与亮度越佳。如下图所示 入射角度 u , 物体侧折射率 n , 成像侧的折射率 n' : $NA = NA' \times \text{放大率}$



对于 Macro 镜头, $NA = M/2 \times F$ $NA' = 1/2 \times F$ $NA=NA' \times \text{光学倍率}$ $NA'=NA$
 $\times \text{光学倍率}$

二十二、 F 值 $F No$:

此值指镜头的亮度。将镜头对焦距除以物体侧的有效直径 (入射光孔直径 D_{mm}), 即可得到此数值, 也可使用 NA 与镜头的光学放大倍率(β)计算。数值越小, 镜头越明亮。

$$F No = \text{焦距} / \text{入射孔径或有效口径} = f / D$$

二十三、有效 $F No$:

此值为具体在有限距离内的镜头亮度, 指实际操作时的亮度。光学放大倍率越高(β), 镜头越暗。

$$\text{实效 } F = (1 + \text{光学倍率}) \times F\#, \text{ 实效 } F = \text{光学倍率} / 2NA$$

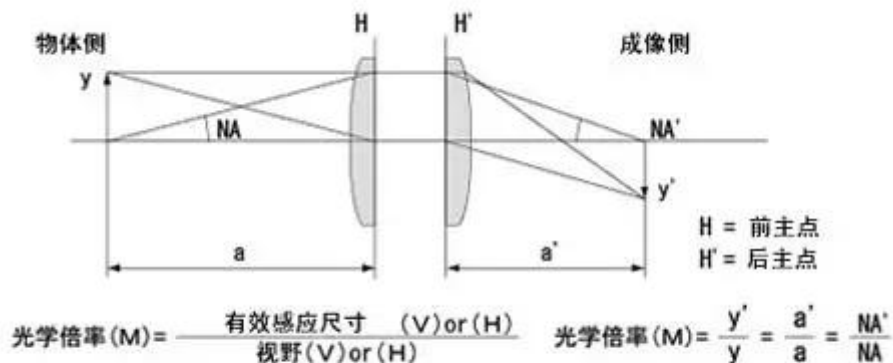
二十四、光学放大倍率 β :

物体尺寸与影像尺寸的比例。	
β	$=y' / y$
	$=b / a$
	$=NA / NA'$
	$=\text{CCD 镜头元件尺寸} / \text{视野实际尺寸}$

二十五、光学倍率:

放大倍率 (Magnification) 指的是通过镜头的调整能够改变拍摄对象原本成像面积的大小。光学倍率就是通过光学镜头变倍的放大倍率。主要点与成像的关系: 放大率是指成像大小与物体的比。

主要点与成像的关系: 放大率是指成像大小与物体的比



(Magnification)

监视器倍率: 照相机对物体摄影, 在TV监视器上显示时的倍率。
传感器的尺寸与监视器的尺寸的不同, 使得倍率有所不同

二十六、电子放大倍率:

电子放大倍率为影像在显示器屏幕上显示时与在 CCD 上显示相比的放大倍率。

二十七、显示器放大倍率:

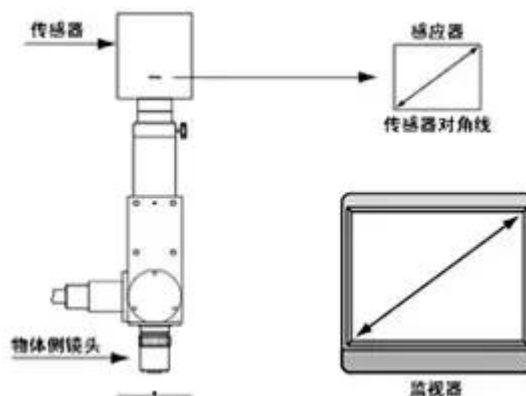
显示器放大倍率为通过镜头在显示器呈现物体的放大倍率。

显示器放大倍率=(光学放大倍率 β) x (电子放大倍率)

(计算范例) 光学放大倍率=02x, CCD 尺寸 1/2"(对角线 8mm), 显示器 1/4":

电子放大倍率=14 x25.4/8=44.45

显示器放大倍率=0.2x44.45=8.89(倍) (1 英寸=25.4mm)



※有时根据 TV 监视器的扫描状态，以上的简易计算将有一些变化。

二十八、视野(FOV):

视野指使用照相机以后看到的物体侧的范围。

照相机有效区域的纵向长度 (V) / 光学倍率 (M) = 视野 (V)

照相机有效区域的横向长度 (H) / 光学倍率 (M) = 视野 (H)

照相机有效区域的纵向长度 (V) or (H) = 照相机一个画素的尺寸 × 有效画素数 (V)
or (H) 来计算。

(计算范例) 光学放大倍率=0.2x, CCD 尺寸 1 / 2" (长 4.8mm, 宽 6.4mm):

视野尺寸 长度=4.8 / 0.2=24(mm)

宽度=6.4 / 0.2=32{mm}

二十九、解析度:

表示了所能见到了 2 点的间隔 0.61x 使用波长(λ) / NA=解析度(μ),以上的计算方法理论上可以计算出解析度,但不包括失真。※使用波长为 550nm

三十、解像力:

1 mm 中间可以看到黑白线的条数。单位 (lp) /mm

三十一、MTF (Modulation Transfer Function) :

成像时再现物体表面的浓淡变化而使用的空间周波数和对比度。

三十二、成像圈:

成像尺寸 ϕ , 要输入相机感应器尺寸

三十三、照相机 Mount:

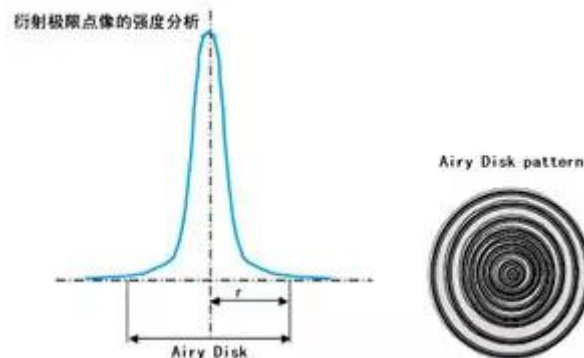
C-mount: 1" diameter x 32 TPI: FB: 17.526mm, CS-mount: 1" diameter x 32 TPI: FB: 12.526mm, F-mount: FB:46.5mm, M72-Mount: FB 厂家各有不同。

三十四、边缘亮度：

相对照度是指中央的照度与周边的照度的百分比。

三十五、通风盘及解析度：

Airy Disk（通风盘）是指通过没有失真的镜头在将光集中一点时，实际上形成的是一个同心圆。这个同心圆就叫做 **Airy Disk**。**Airy Disk** 的半径 r 可以通过以下的计算公式计算出来。这个值称为解析度。 $r = 0.61\lambda/NA$ **Airy Disk** 的半径随波长改变而改变，波长越长，光越难集中于一点。例：NA0.07 的镜头 波长 550nm $r=0.61*0.55/0.07=4.8\mu$



三十六、MTF 及解析度：

MTF (**Modulation Transfer Function**) 是指物体表面的浓淡变化，成像侧也被再现出来。表示镜头的成像性能，成像再现物体的对比度的程度。测试对比性能，用的是具有特定空间周波数的黑白间隔测试。空间周波数是指 1 mm 的距离浓淡变化的程度。

图 1 所示，黑白矩阵波，黑白的对比度为 100%。这个对象被镜头摄影后，成像的对比度的变化被定量化。基本上，不管什么镜头，都会出现对比度降低的情况。最终对比度降低至 0%。，不能进行颜色的区别。

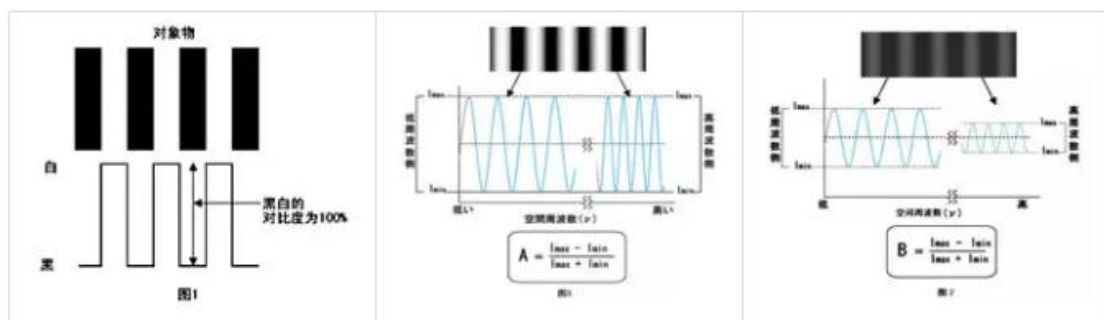
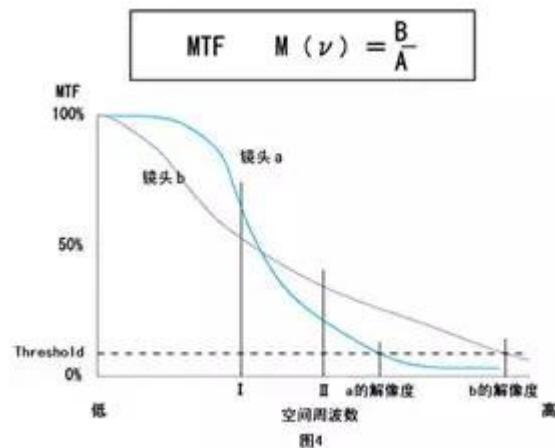


图 2、图 3 显示了物体侧与成像侧的空间周波数的变化。横轴表示空间周波数，纵轴表示亮度。物体侧与成像侧的对比度由 A、B 计算出来。**MTF** 由 A,B 的比率计算出来。

解析度与 **MTF** 的关系：解析度是指 2 点之间怎样被分离认识的间隔。一般从解析度的值可以判断出镜头的好坏，但是实际是 **MTF** 与解析度有很大的关系。图 4 显示了两个不同镜头的 **MTF** 曲线。镜头 a 解析度低但是具有高对比度。镜头 b 对比度低但是解析度高。

三十七、微距镜头：

不用近接环或特写镜头而实现扩大摄影，为近接摄影而设计的镜头，有限远（=从物镜出射的光，在一定距离处聚焦）



三十八、CCTV 镜头:

适合于广范围的扩大观察，需要严格精度时不适合，无限远（=从物镜出射的光，不聚焦，平行前进）

三十九、变倍镜头:

焦距可变镜头，倍率，摄像范围等可以简单改变。适合于需要寻找最合适摄影条件（摄影距离，镜头的焦距）以便于操作的场合使用。不产生聚焦位置移动的称为变倍镜头，产生焦距位置移动的称为变焦镜头。

四十、成像圆:

光学系统中成像圆的尺寸，成像圆的尺寸=CCD 对角尺寸，和 CCD 尺寸同样意义。

四十一、后变倍镜头:

安装在 CCD 前面，不改变工作距离，扩大视野范围。F 值下降，分辨率、对比度下降，聚焦会有些不准。

四十二、前变倍镜头:

安装在镜头前面，工作距离会变化，亮度不变，扩大视野范围