

第二章

第三节

景深和超焦距

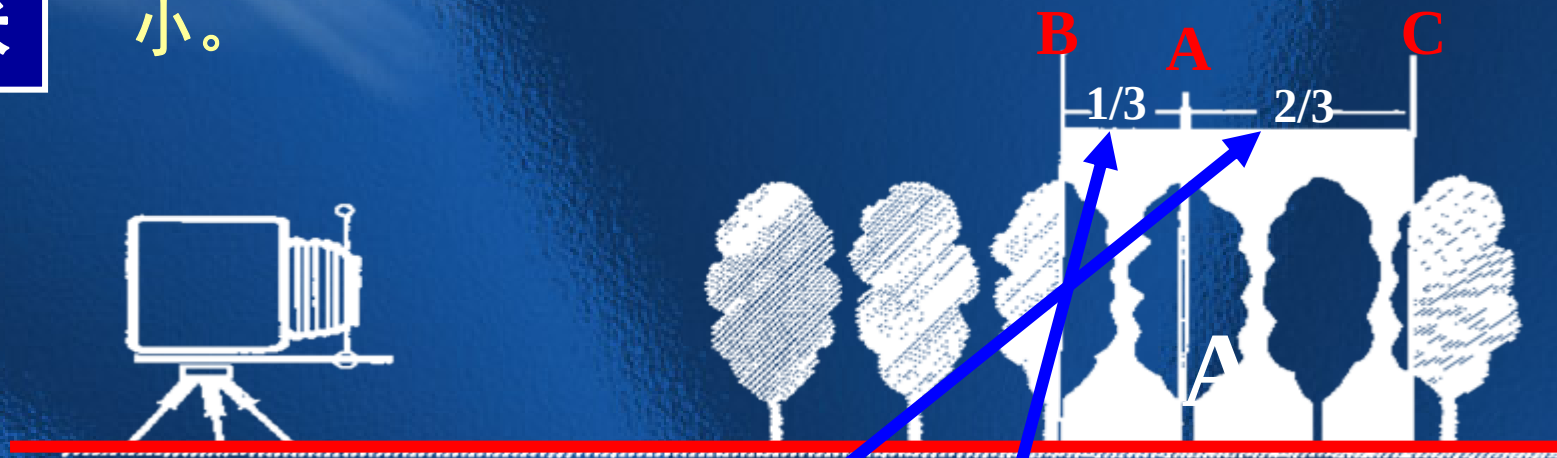
景深和超焦距

景深和超焦距的运用是摄影技术的重要部分，也是摄影的 艺术表现 的重要手段。如果说景深的运用是形成 摄影画面虚实变化、主次分明 的艺术效果的技术方法，那么，超焦距的运用则是 获取最大景深，捕捉最佳瞬间 的最有效的技术手段。

景

深

当我们对某一被摄物聚焦时，不仅此被摄物而且其前后一定的纵深范围内的景物都能在感光片上留下“清晰”的影像，这个清晰的纵深范围就称之为景深。这一纵深的清晰范围愈大也就是景深愈大，反之则景深就愈小。



上图中“ A ”为聚焦对象，“ B ”为最近清晰点，“ C ”为最远清晰点。从最近清晰点 B 到聚焦对象 A 的距离称为前景深，从聚焦对象 A 到最远清晰点 C 的距离称为后景深。从最近清晰点 B 到最远清晰点 C 间的距离为全景深（景深范围），前景深总是全景深的三分之一，而后景深的长度总是前景深的 2 倍。凡在景深范围内的所有物体都是“清晰”的。景深能使一张平面的照片表现出三维空间的幻觉。

大 景 深 效 果



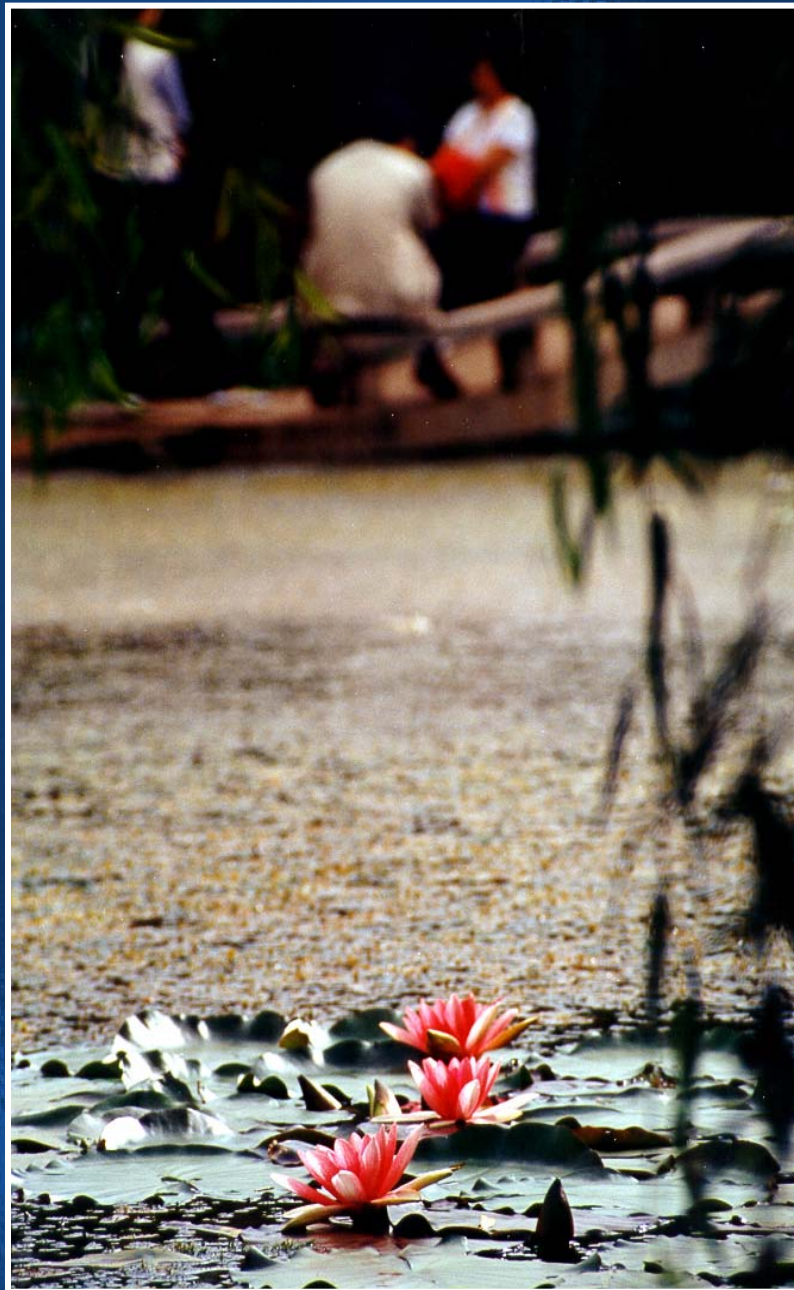
短

景

深

效

果



短

景

深

效

果



苏明娟：刺痛民族心灵的“大眼睛”

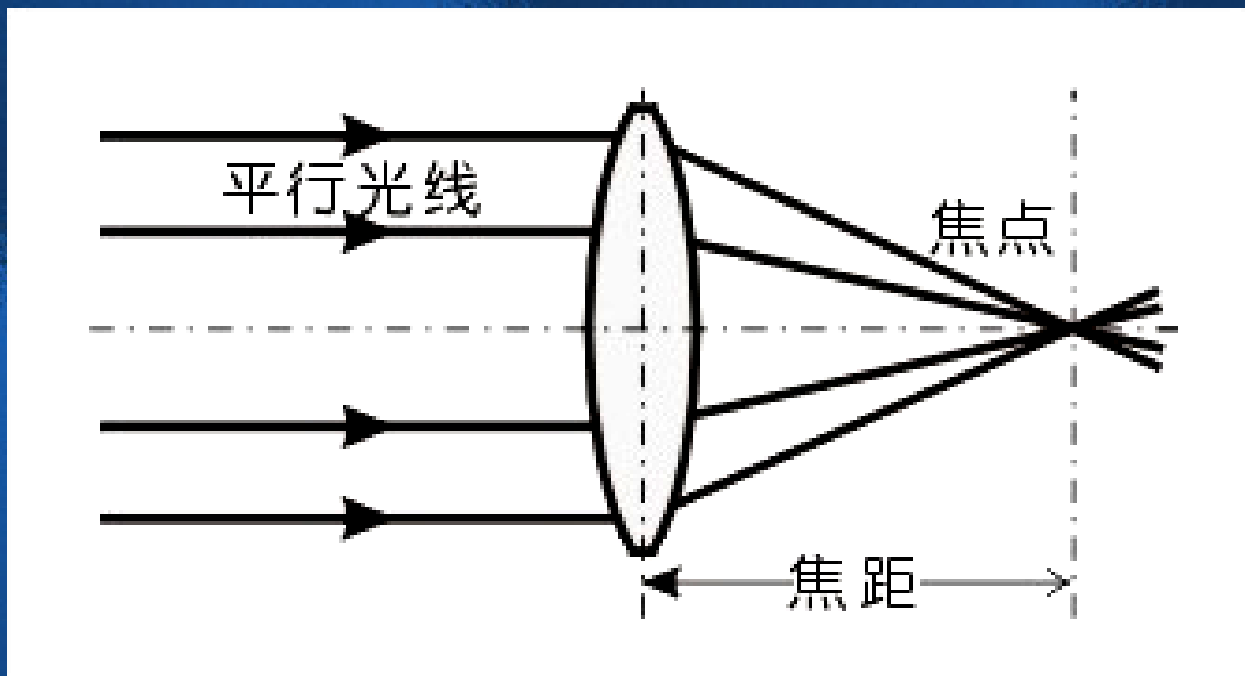
我要上学

解海龙 摄 6/43

景深原理及计算

1、焦点 (focus)

平行光线射入凸透镜时，理想镜头将所有的光线聚集在一点，这个点，就叫做焦点，焦点和镜片光学中心的距离叫做焦距。过焦点后光线继续以锥状发散开来。

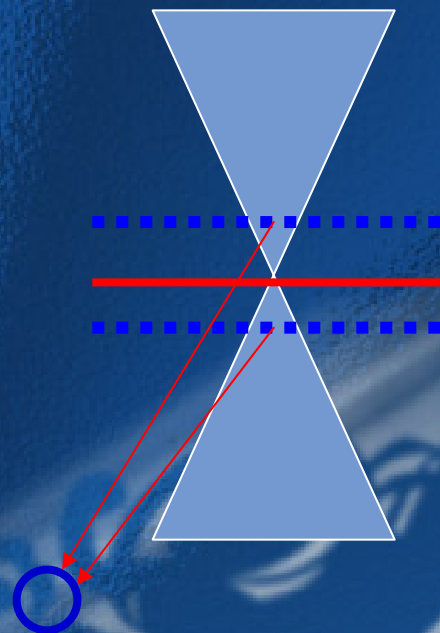
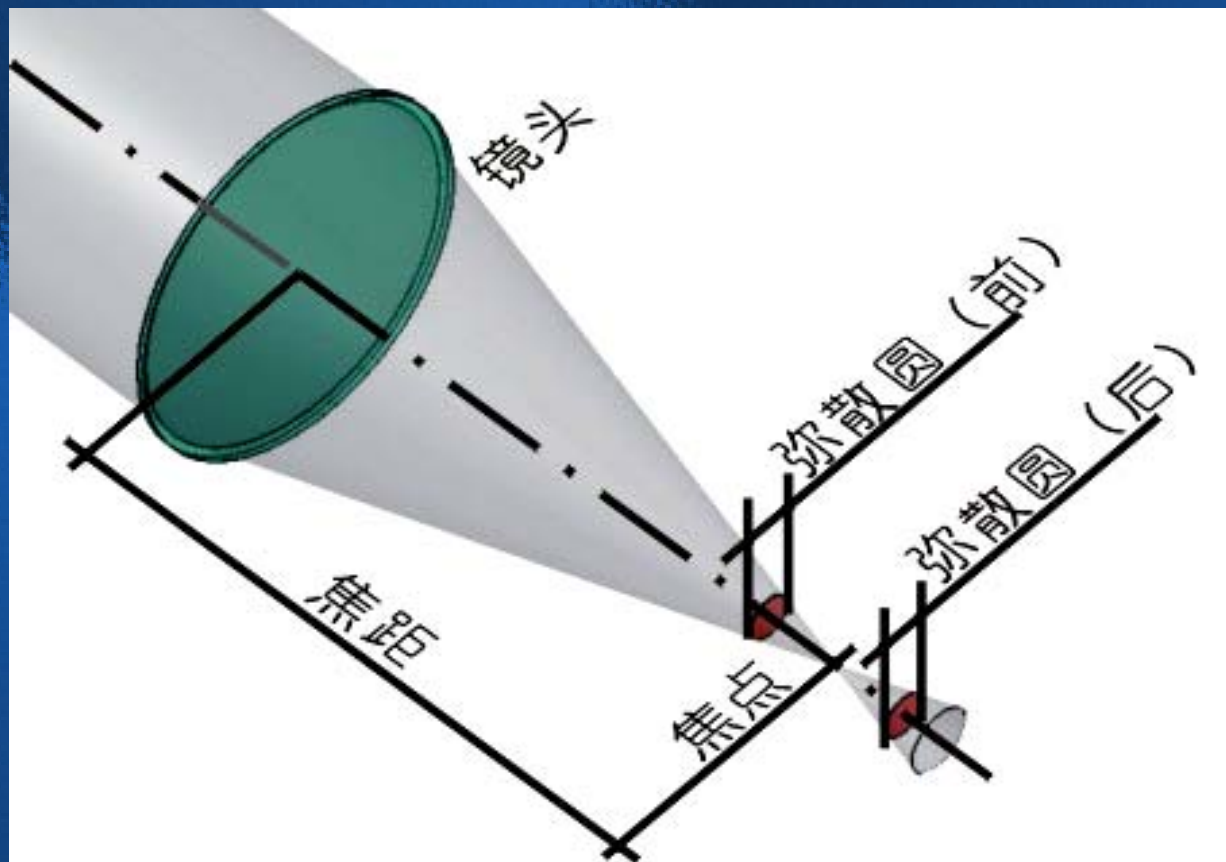


景深原理及计算

2、弥散圆 (Circle of Confusion)

又译为：弥散圈、模糊圈等等

在焦点前后，光线从聚集到扩散，点的影象从圆到点（焦点），继而又扩散到圆，这个焦点前面和后面的圆就叫做弥散圆。



景深原理及计算

如果此圆形足够小，肉眼依然可被视为点的成像。这个可以被接受的最大直径被称为容许弥散圆直径 δ (Permissible circle of confusion)。

观赏拍摄的影象是以某种方式来观察的，人的肉眼所感受到的影象与观看距离有很大的关系，如果弥散圆的直径小于人眼的鉴别能力，人眼将感觉是清晰的。这时的弥散圆的大小就称为容许弥散圆。

人眼在明视距离（眼睛正前方30厘米）能够分辨的最小的物体的尺寸大约为0.125mm。蔡斯公司制定的标准时，选用了常用尺寸7吋照片（175×125mm）为依据计算，要求弥散圆只能在0.125mm以内，按此计算得到是图像对角线长度的1/1730左右。所以蔡斯公司制定的标准就是弥散圆直径 $\delta = 1/1730$ 底片对角线长度。

景深原理及计算

不同的厂家、不同的底片面积都有不同的容许弥散圆直径的要求。各厂家对于35mm照相镜头的容许弥散圆的取值并不统一（前提是画面放大为5×7吋的大小，观察距离为25~30cm）**一般取值范围是底片对角线长度的1/1000~1/1500左右。**在这里可以看出：景深是相对的，不是绝对的，和弥散圆直径 δ 的取值大小有着直接的关系。同时我们也可看出：弥散圆直径 δ 的取值的大小和镜头生产厂商的技术能力有关。

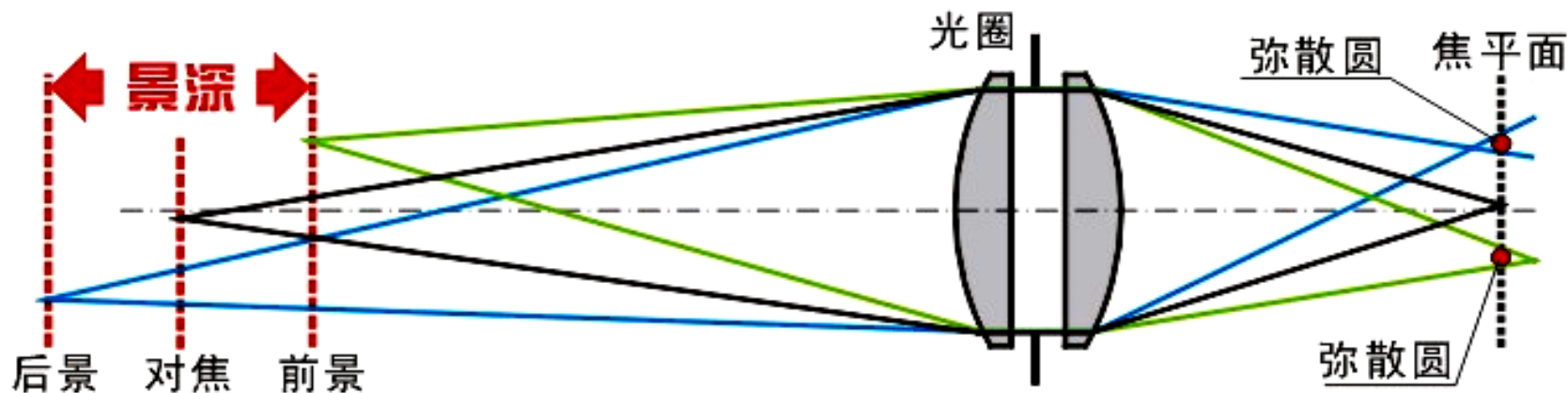
一般常用的数值是：

画 幅	24mm×36mm	6cm×9cm	4"×5"
容许弥散圆直径 δ	0.035mm	0.0817mm	0.146mm

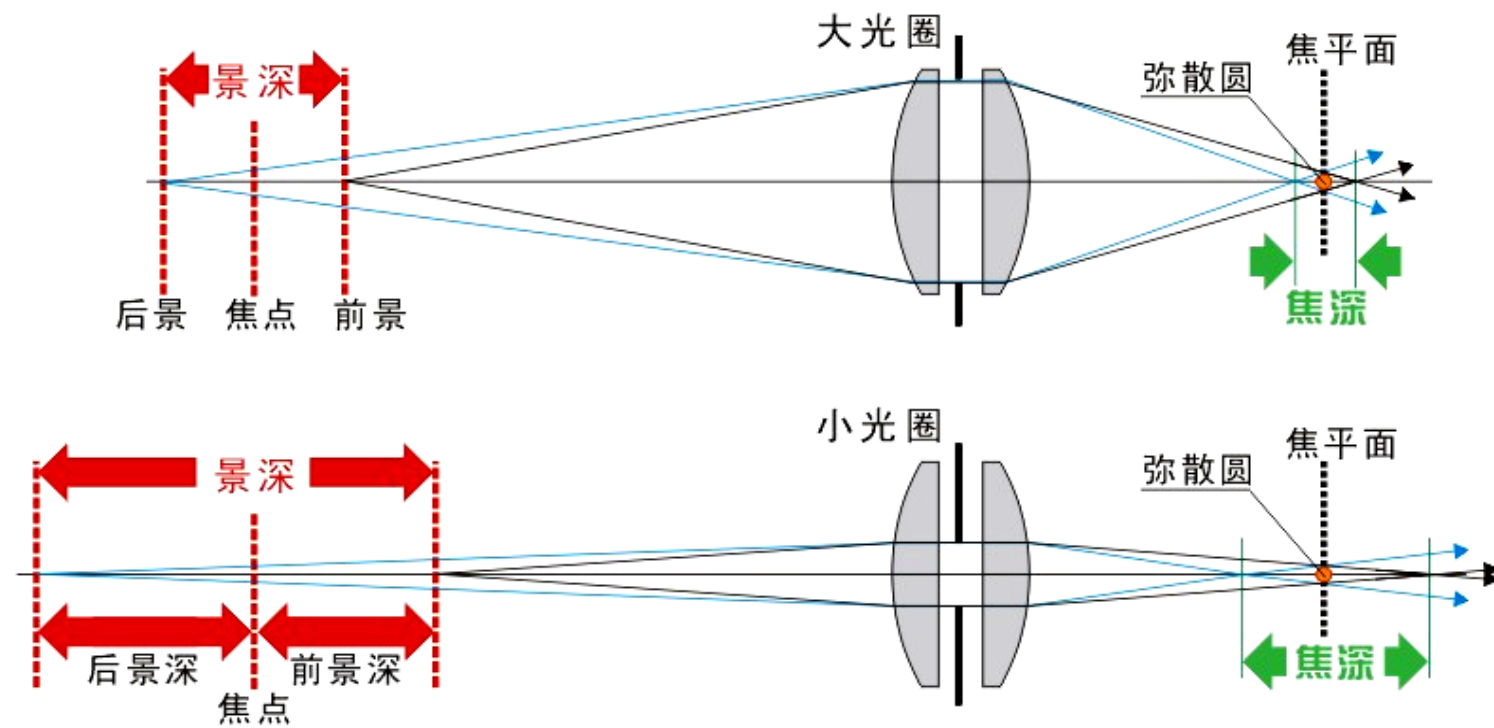
景深原理及计算

3、景深 (Depth of field)

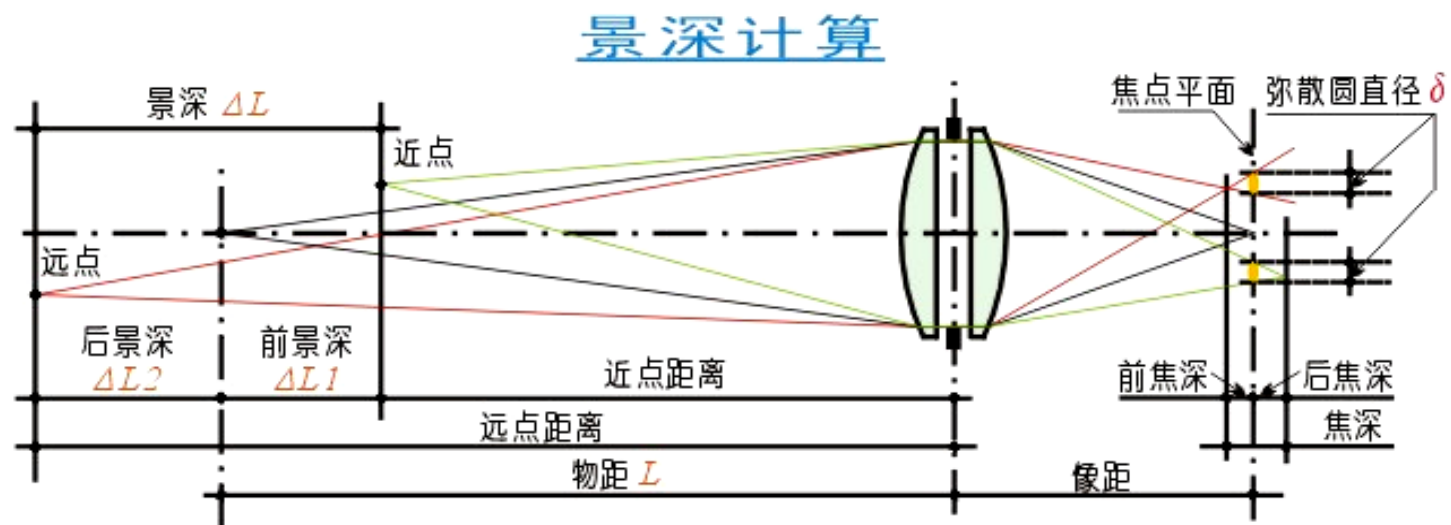
在对焦时，通过镜头将在焦平面上清晰成像，而对焦点的前景和后景也在焦平面成像，只要它们成像的弥散圆等于或小于容许弥散圆直径，我们将认为是清晰的，这样影像就有一个清晰的区间，这就是景深（下图）。



所谓景深即：在被摄主体(对焦点)前后，其影像具有的一段清晰范围，这范围内的景物在焦平面上成像，都在容许弥散圆的限定范围内。



4、景深的计算



式中： δ 容许弥散圆直径
 f 镜头焦距
 F 镜头使用的光圈值
 L 物距

$$\text{前景深 } \Delta L1 = \frac{F\delta L^2}{f^2 + F\delta L}$$

$$\text{背景深 } \Delta L2 = \frac{F\delta L^2}{f^2 - F\delta L}$$

$$\text{景深 } \Delta L = \Delta L1 + \Delta L2 = \frac{2f^2 F\delta L^2}{f^4 - F^2\delta^2 L^2}$$

δ - 容许弥散圆直径

f - 镜头焦距

F - 镜头拍摄光圈值

L_u - 物距

L_1 - 前景深

L_2 - 后景深

L - 景深

$$L_1 = \frac{F \delta L_u (L_u - f)}{f^2 + F \delta (L_u - f)}$$

$$L_2 = \frac{F \delta L_u (L_u - f)}{f^2 - F \delta (L_u - f)}$$

$$L = \frac{2f^2 F \delta L_u (L_u - f)}{f^4 - F^2 \delta^2 (L_u - f)^2}$$

由于大多数情况下 $L_u \gg f$, 所以以上这个公式可以简化为如下形式

$$L_1 = \frac{F \delta L_u^2}{f^2 + F \delta L_u}$$

$$L_2 = \frac{F \delta L_u^2}{f^2 - F \delta L_u}$$

$$L = \frac{2f^2 F \delta L_u^2}{f^4 - F^2 \delta^2 L_u^2}$$

这个时候我们发现: L 与 f, F, L_u, δ 有关

可以写成: $L = L(f, F, L_u, \delta) = \frac{2f^2 F \delta L_u^2}{f^4 - F^2 \delta^2 L_u^2}$

1. L (景深)与 f (焦距)的关系

此种情况仅考虑 f 变化, 其他量不变可以看作常量

为了便于计算, 可以令 $L = \frac{k_1 f^2}{f^4 - k_2}$ → 这个是求偏微分

$$\frac{\partial L}{\partial f} = \frac{\partial}{\partial f} \left(\frac{2 f^2 F \delta L_u^2}{f^4 - F^2 \delta^2 L_u^2} \right) = \frac{\partial}{\partial f} \left(\frac{k_1 f^2}{f^4 - k_2} \right) = \frac{2 k_1 f (f^4 - k_2) - k_1 f^2 * 4 f^3}{(f^4 - k_2)^2},$$

$$\therefore \frac{\partial L}{\partial f} = \frac{-2 k_1 f (f^4 + k_2)}{(f^4 - k_2)^2}$$

由这个表达式可以得到(k_1, k_2 都是大于零的):

$f = 0$ 时出现极值;

$$f > 0 \text{ 时, } \frac{\partial L}{\partial f} < 0;$$

$$f < 0 \text{ 时, } \frac{\partial L}{\partial f} > 0.$$

对相机而言, f 总是大于0。

所以得出结论, 当 $f > 0$ 时(相机正工作在这段区间), L 相对于 f 是单调递减函数;
即证明在其他量不变的情况下, 焦距越长, 景深越小; 焦距越短, 景深越大。

2. L (景深)与 F (光圈)的关系

此种情况仅考虑 F 变化，其他量不变可以看作常量

为了便于计算，可以另 $L = \frac{k_1 F}{k_2 - k_3 F^2}$

$$\frac{\partial L}{\partial F} = \frac{\partial}{\partial F} \left(\frac{2f^2 F \delta L_u^2}{f^4 - F^2 \delta^2 L_u^2} \right) = \frac{\partial}{\partial F} \left(\frac{k_1 F}{k_2 - k_3 F^2} \right) = \frac{k_1(k_2 - k_3 F^2) - k_1 F * (-2k_3 F)}{(k_2 - k_3 F^2)^2},$$

$$\therefore \frac{\partial L}{\partial F} = \frac{k_1(k_2 + k_3 F^2)}{(k_2 - k_3 F^2)^2}$$

由这个表达式可以得到(k_1, k_2, k_3 都是大于零的):

在 F 的整个定义域内, $\frac{\partial L}{\partial F} > 0$.

所以得出结论, L 相对于 F 是单调递增函数;

注意, 这里的 F 是光圈的数值, 它和光圈实际大小成反比。

即证明在其他量不变的情况下, 光圈越大, 景深越小; 光圈越小, 景深越大。

3. L (景深)与 L_u (物距)的关系

此种情况仅考虑 L_u 变化, 其他量不变可以看作常量

为了便于计算, 可以另 $L = \frac{k_1 L_u^2}{k_2 - k_3 L_u^2}$

$$\frac{\partial L}{\partial L_u} = \frac{\partial}{\partial L_u} \left(\frac{2f^2 F \delta L_u^2}{f^4 - F^2 \delta^2 L_u^2} \right) = \frac{\partial}{\partial L_u} \left(\frac{k_1 L_u^2}{k_2 - k_3 L_u^2} \right) = \frac{2k_1 L_u (k_2 - k_3 L_u^2) - k_1 L_u^2 * (-2k_3 L_u)}{(k_2 - k_3 L_u^2)^2},$$

$$\therefore \frac{\partial L}{\partial L_u} = \frac{2k_1 k_2 L_u}{(k_2 - k_3 L_u^2)^2}$$

由这个表达式可以得到(k_1, k_2, k_3 都是大于零的):

$L_u = 0$ 时出现极值;

$L_u > 0$ 时, $\frac{\partial L}{\partial L_u} > 0$;

$L_u < 0$ 时, $\frac{\partial L}{\partial L_u} < 0$.

4. L (景深)与 δ (容许弥散圆直径)的关系

从公式中可以发现 δ (容许弥散圆直径)与 F (光圈)可以代换, 因此与 F (光圈)作用相同。
即证明在其他量不变的情况下, 容许弥散圆直径越大, 景深越大;
容许弥散圆直径越小, 景深越小。

所以得出结论, 当 $L_u > 0$ 时(相机正工作在这段区间), L 相对于 F 是单调递增函数;
即证明在其他量不变的情况下, 物距越远, 景深越大; 物距越近, 景深越小。



由景深计算公式可以看出：

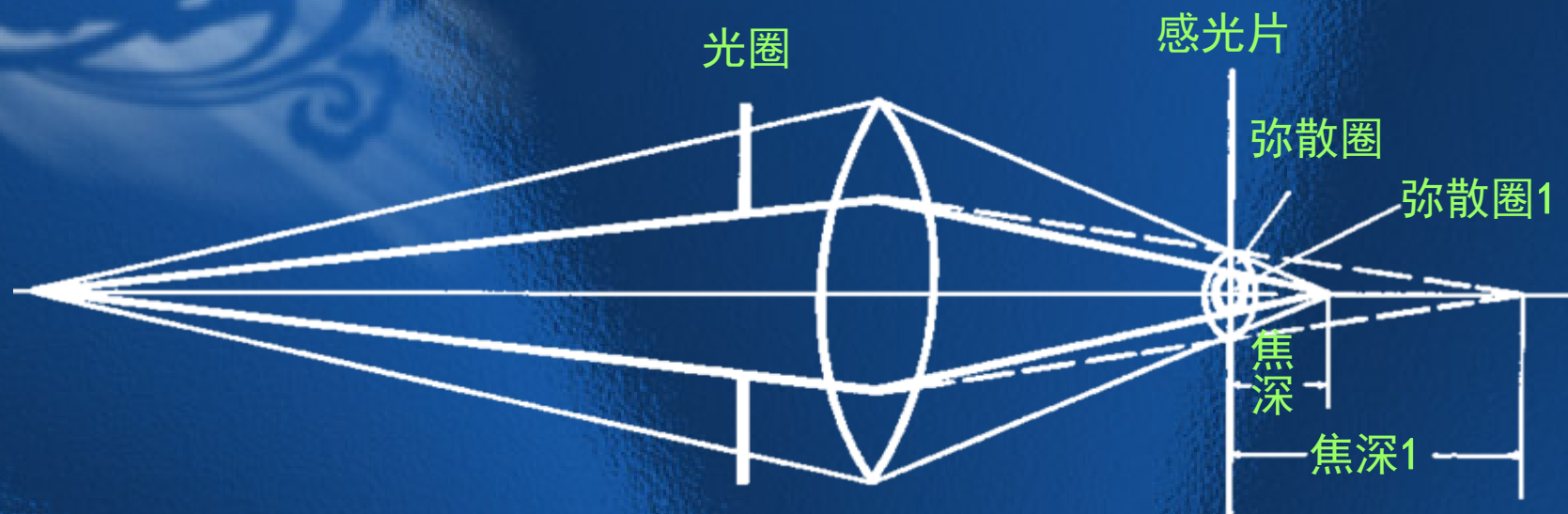
- 后景深 $>$ 前景深。
- 景深与镜头使用光圈、镜头焦距、拍摄距离以及对像质的要求（表现为对容许弥散圆的大小）有关。



总结

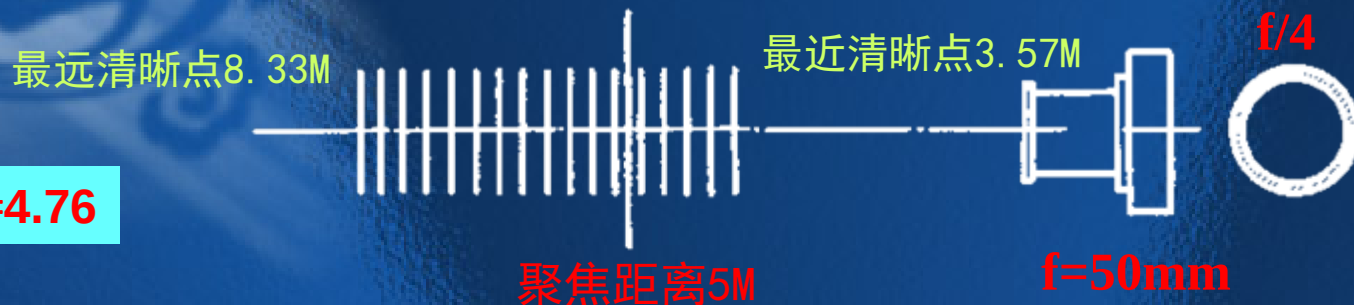
诸多因素对景深的影响

光圈大，景深小；光圈小，景深大

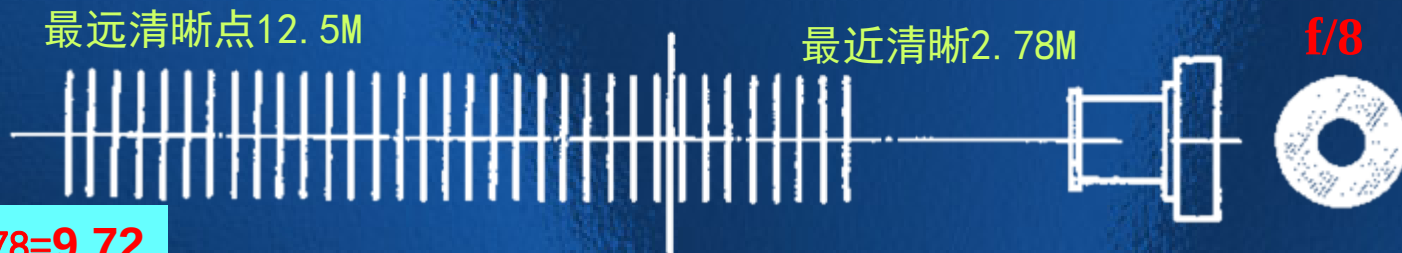


光圈大，通过镜头折射后的光线的会聚所造成的光锥夹角就较大，因此在感光片上的弥散圈的直径也就较大；光圈缩小后，光锥角相应减小，弥散圈的直径也就相应缩小。弥散圈的直径缩小则影像的清晰度就必然提高。如果允许弥散圈的直径不变，我们可以从上图中看到，焦深长了，于是与之相对应的景深也就长了。因此，光圈大，焦深短，景深也短；光圈小，焦深长，景深也就长。

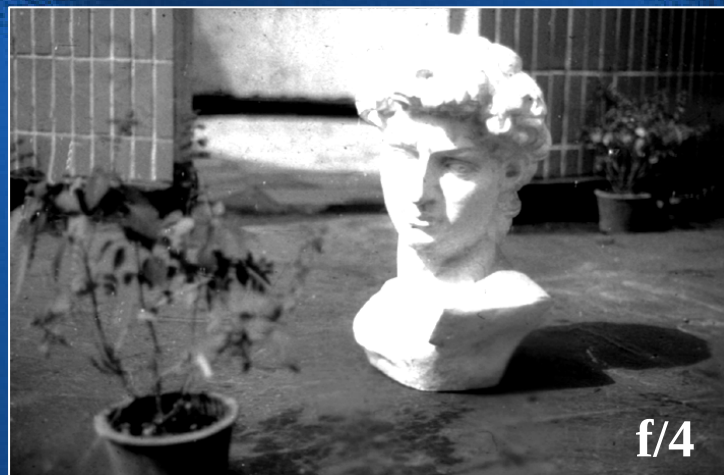
光圈大，景深小；光圈小，景深大



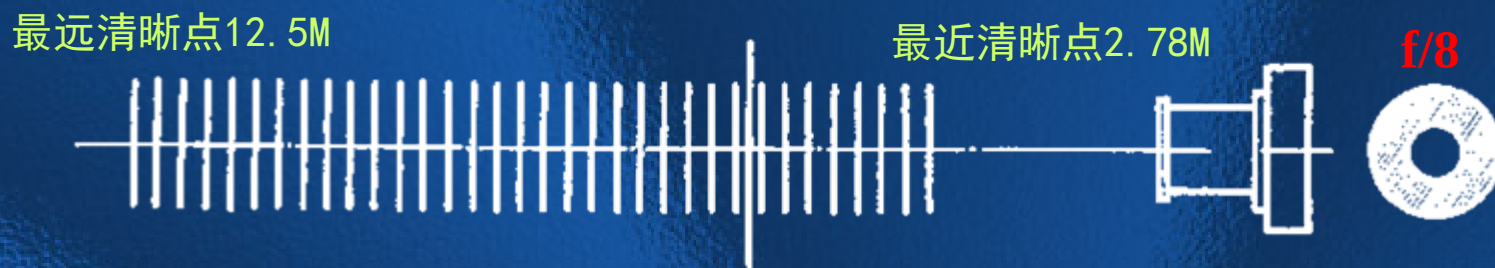
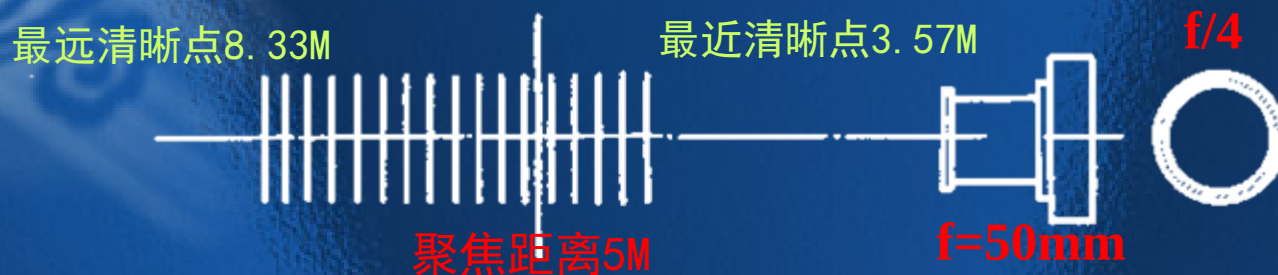
$$8.33 - 3.57 = 4.76$$



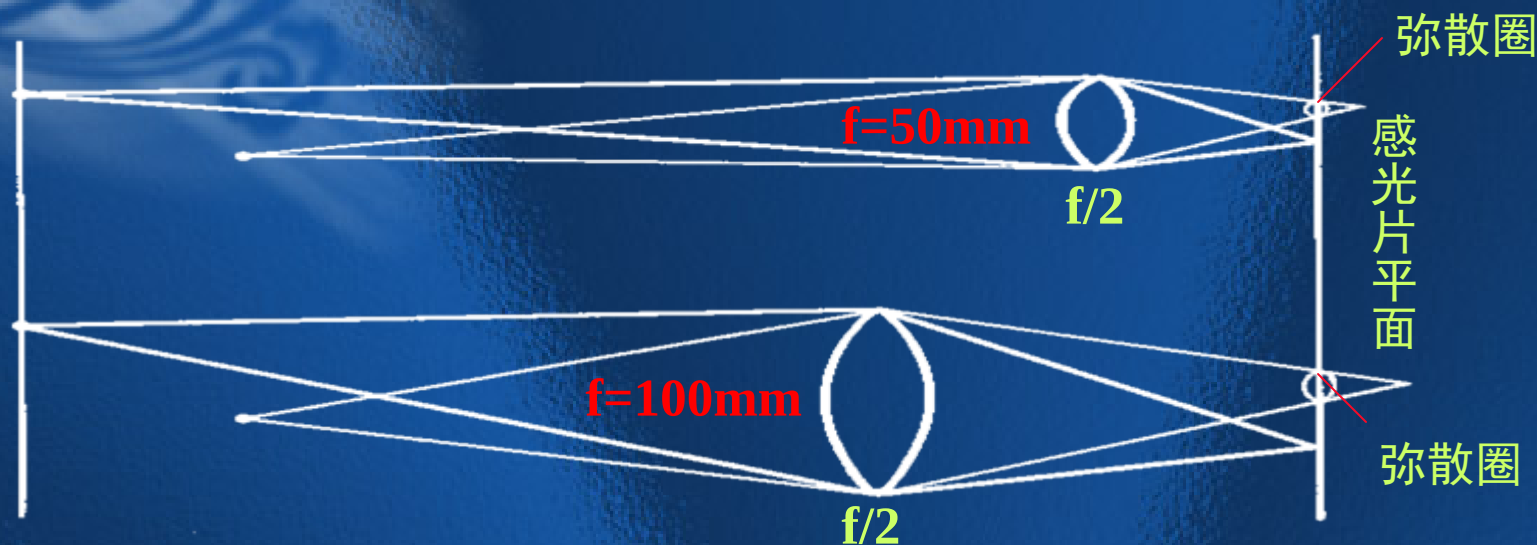
$$12.5 - 2.78 = 9.72$$



光圈大，景深小；光圈小，景深大

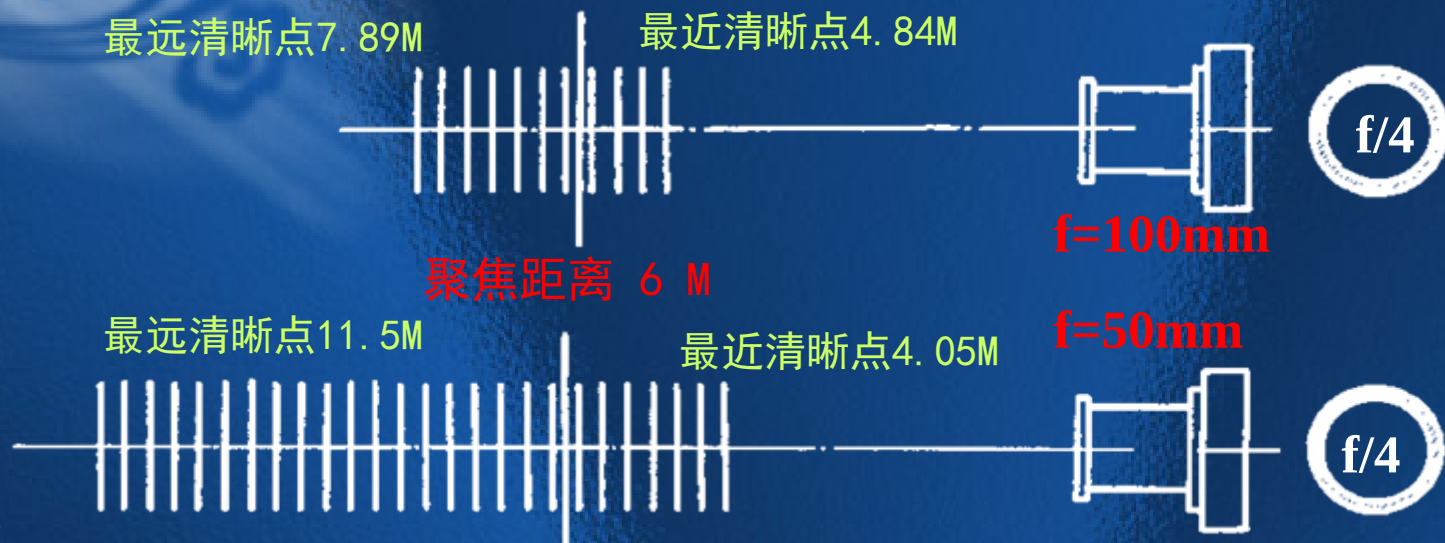


焦距长，景深短；焦距短，景深长

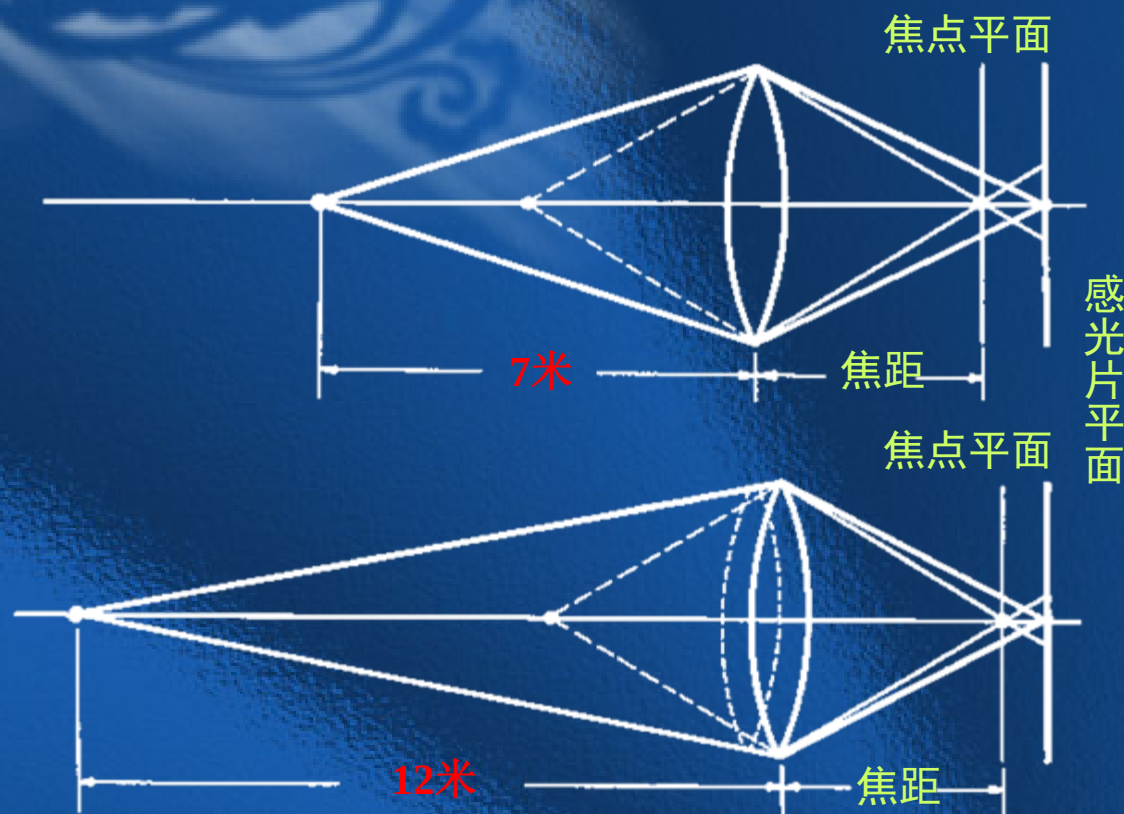


镜头的**焦距长**，在相同的距离以相同的光圈拍摄某一对象时，所形成的**弥散圈的直径也就较大**，因此如果在弥散圈相同的情况下，**焦深也就较长**，与之相对应的**景深也就更长**。在拍摄时使用长焦距镜头时必须注意调焦的精确，否则因其景深短的特点，稍有不慎影像就容易离开景深范围而影响清晰度，同时拍摄时也可充分利用这一特点来突出主体。

焦距长，景深短；焦距短，景深长



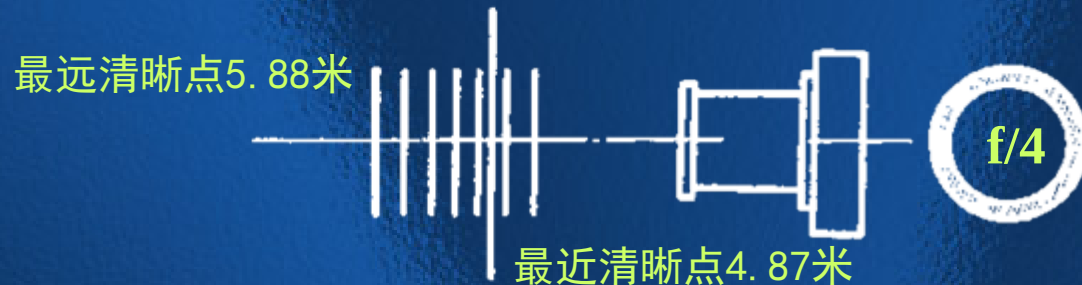
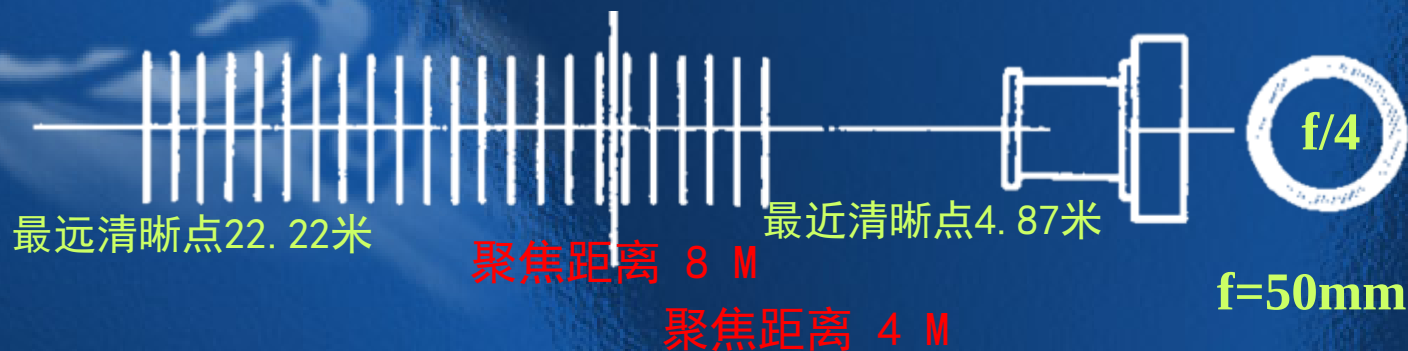
物距长，景深长；物距短，景深小



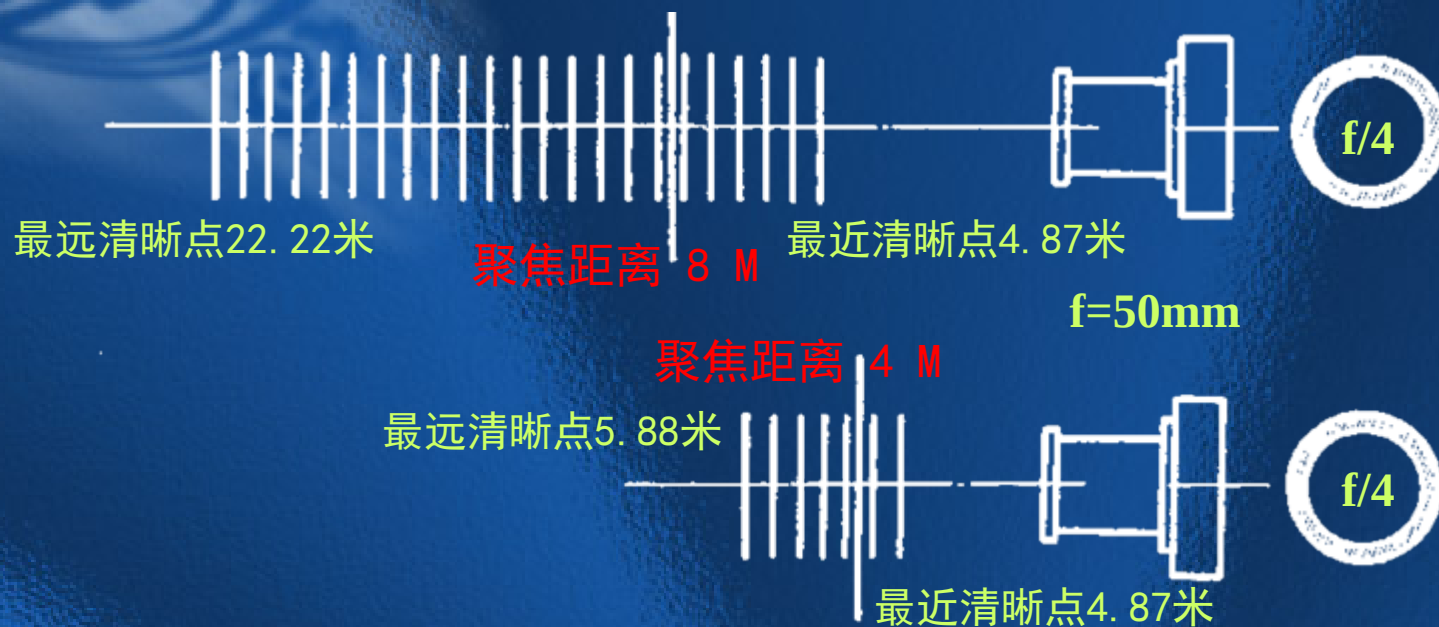
图中可以看到，当聚焦对象距离远时，镜头的焦平面和感光片平面间的距离就近，从而必然在感光片平面上所形成的弥散圈就小，也就是说当允许分散圈大小相同时，拍摄距离远的焦深就长，相对应的景深也就长。

近距离拍摄时必须注意聚焦的精度，因其景深短，聚焦稍有马虎就容易使被摄对象脱离景深范围而影响清晰度。

物距长，景深长；物距短，景深小



物距长，景深长；物距短，景深小



Online Depth of Field Calculator.mht

<http://www.dofmaster.com/dofjs.html>

Depth of Field Calculator



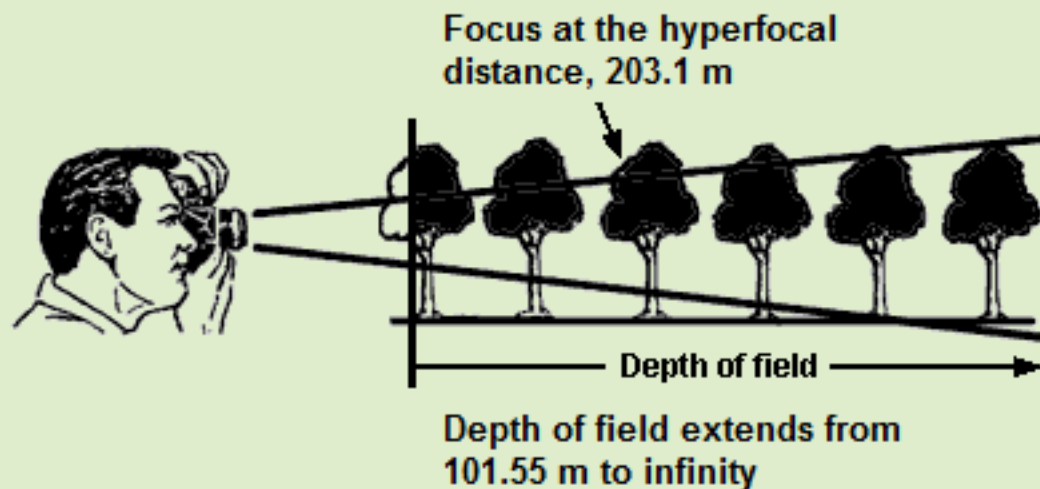
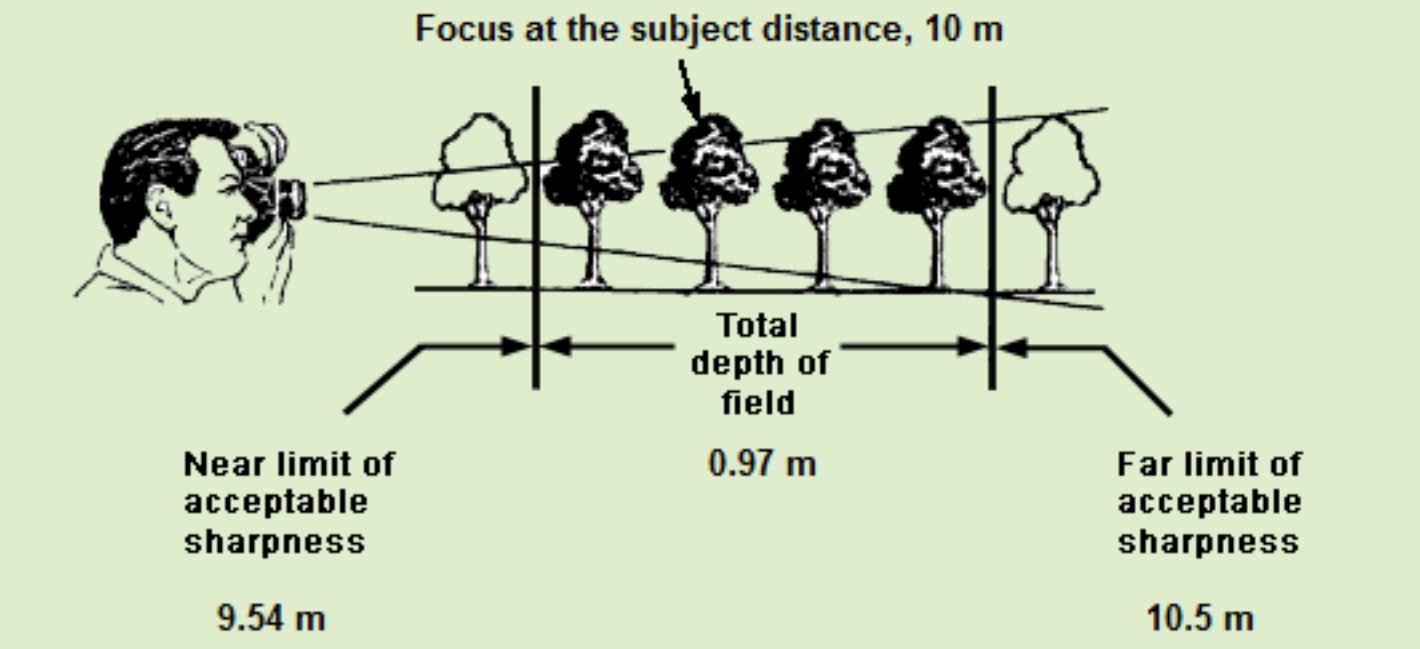
The **HD HERO**
GO FOR IT
gopro.com

Camera, film format, or circle of confusion Nikon D90, D80, D70, D70s, D60, D50, D40, D40x ▼		Subject distance 10 m
Focal length (mm) 135 ▼		Depth of field
Selected f-stop f/4.5 ▼		Near limit 9.54 m
Subject distance 10	meters ▼	Far limit 10.5 m
Calculate		Total 0.97 m
		In front of subject 0.46 m (48%)
		Behind subject 0.51 m (52%)
		Hyperfocal distance 203.1 m
		Circle of confusion 0.02 mm



Use the actual focal length of the lens for depth of field calculations. The calculator will automatically adjust for any "focal length multiplier" or "field of view crop" for the selected camera.

Focal lengths of digital camera lenses are listed [here](#).





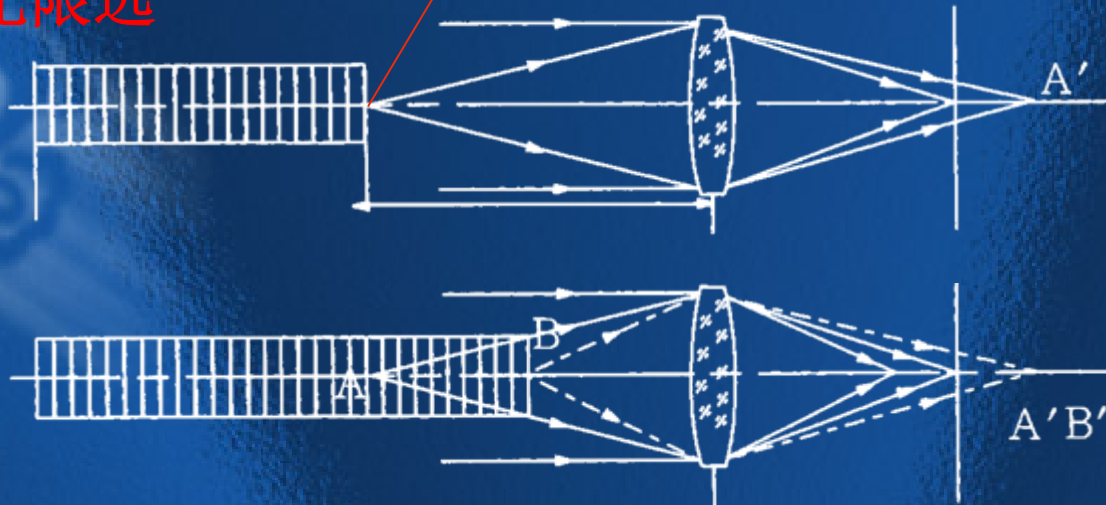
超

焦

距

无限远

最近清晰点A



当向无限远处聚焦时，最近清晰点至镜头的距离为超焦距。从最近清晰点到无限远处均为景深范围。

超焦距原理就在于以获得的最近清晰点为聚焦目标，使新形成的最近清晰点到无限远处全为景深范围，从而在最大程度上延长了景深。

运用超焦距能使景深延长二分之一的超焦距长度。

超焦距是用以最大限度扩大景深，以求取最大范围清晰度的一种特殊方法。它的主要作用在于简化聚焦过程，使摄影者能全力注视被摄对象的每一个细微变化和最佳的神情表现，以便于能最迅速地抓取最佳瞬间。超焦距方法最宜于新闻和动体等的摄影。

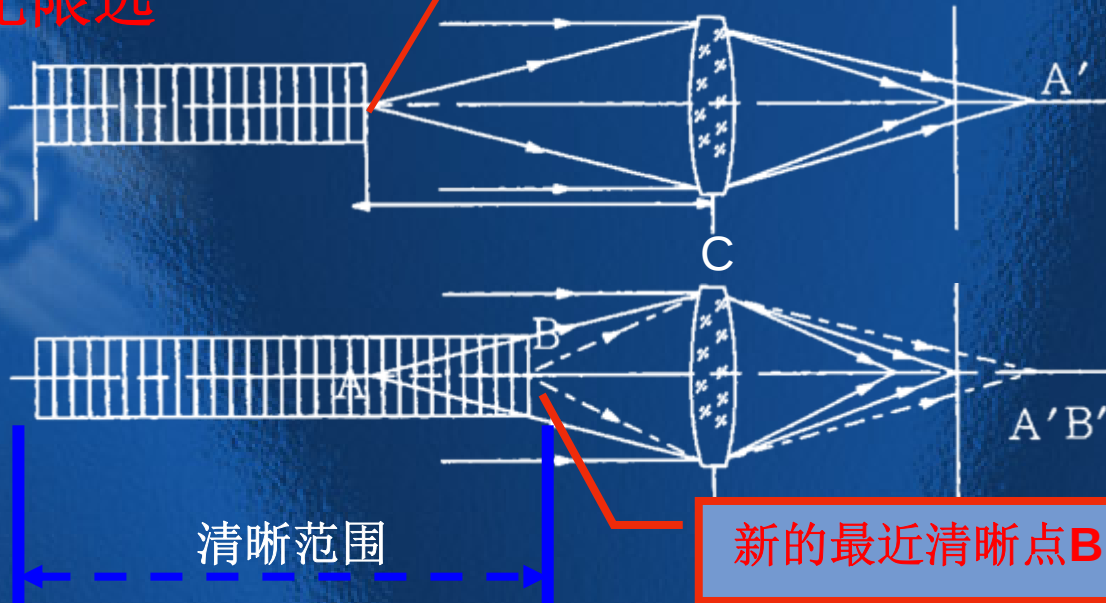
超

焦

距

无限远

最近清晰点A



清晰范围

新的最近清晰点B

具体的操作方法：向无限远聚焦后产生了最近清晰点A，再以最近清晰点A为聚焦目标，从而又产生了新的最近清晰点B，这时从B至无限远都是景深范围，这样，清晰范围就比原来增加了A到B的长度。新形成的最近清晰点和镜头的距离一般总是原超焦距的二分之一。也就是说，运用超焦距就能使景深增加二分之一超焦距的长度。

超焦距的计算的原始公式

超焦距=镜头焦距+(镜头焦距的平方除以c、F之积)。F为光圈系数。这个c为弥散圈直径，早先的教科书都定为0.05,即1/20mm，老的镜头上的景深表都是按1/20mm画上去的。现如今都定为1/30mm,还有定1/40mm. 这跟照片需要放几寸有关系。

$$\text{超焦距} = \text{焦距} + \frac{\text{焦距}^2}{\text{弥散圈直径} \times \text{光圈}}$$

由于镜头焦距远小于(镜头焦距的平方除以c、F之积)，一般公式记作：超焦距=镜头焦距的平方除以c、F之积

$$\text{超焦距} = \frac{\text{焦距}^2}{\text{弥散圈直径} \times \text{光圈}}$$

影 响 超 焦 距 的 因 素

超焦距的大小和景深成反比，超焦距愈大景深就愈小。

影响超焦距大小的因素主要是：**镜头焦距的长短和拍摄时所用光圈的大小。**


$$\text{超焦距} = \frac{\text{焦距}^2}{\text{弥散圈直径} \times \text{光圈}}$$

- ▲ 镜头焦距愈长，超焦距也愈长，景深就愈小；
- ▲ 所用的光圈愈小，超焦距就愈短，景深也就愈大。

运用超焦距时应注意的是，**只有你需要从最近到无限远处的物体都必须清晰时才有意义**。因为一旦运用了超焦距，进入镜头的所有景物都是清晰的/43

自动景深表的使用

自动景深表

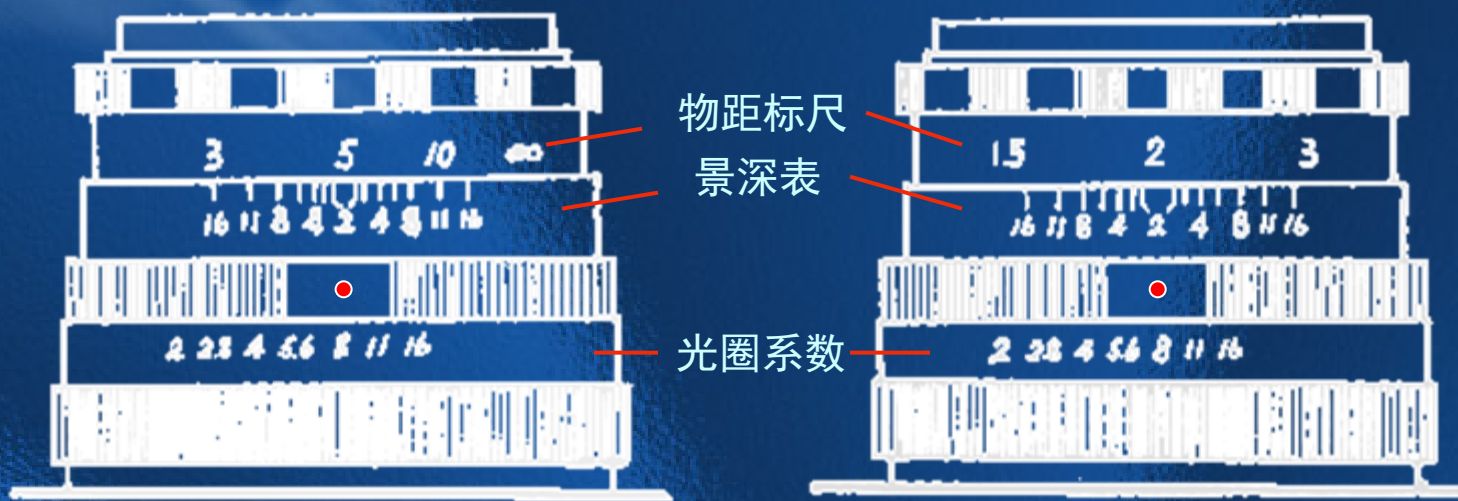


景深表的使用方法
主要有两个：

自动景表由景深表和调焦机构连动，聚焦完成后景深表上的调焦指示也将自动指向物距标尺中相对应的距离数即可预知预选用光圈的景深范围。

根据拍摄时欲使用的光圈查景深；
根据需要的景深查应使用的光圈。

根据选用的光圈查景深



右图，拍摄距离2米，欲选用的光圈为8，聚焦完成后即查看景深表中左右相同的光圈系数8所对应的物距标尺上的距离，约为1.7米和2.5米。也就是当物距2米，选用光圈8拍摄时，景深范围是1.7米（最近清晰点）至2.5米（最远清晰点）。

左图，物距为5米，选用8光圈则景深范围约为4米至8米。

根 据 所 需 景 深 查 对 应 光 圈



有确定的主体而要求主体的前后有一定的清晰范围。



确定景深的前后清晰界限要求所用光圈能以满足。

左图：物距 2米，求主体前后0.3—0.5米的清晰范围可选光圈 8，求主体前后 1米以上的清晰范围可选光圈11。右图：要求的最近清晰处为 4 米，最远清晰处为 8米，则必须选用 8 光圈才能满足这一要求。