



摄影基础与

摄影教学

王继刚 主编

目 录

摄影设备基本常识	1
基本光学原理	1
几何光学的基本原理	1
摄影镜头的光学特性	10
色度学原理	15
亮度与照度	20
照相机及镜头的基本构造和分类	23
照相机	23
照相机的主要技术性能	25
滤色镜	32
滤色镜的构造	32
滤色镜的作用	33
常用照相机	48
120 型相机	48
135 型相机	52
暗房设备	54
感光胶片的冲洗设备	54
放大机	56
感光材料	58
黑白感光材料	58
暗房常用药品简介	60
摄影教学的具体动作	65
摄影课程设立的意义和范围	65
摄影教学的意义	65
摄影教学的范围	72
摄影与视觉心理的关系	74
学会观察	74

学会想象	77
学会表现	78
视觉设计	79
摄影构图的基本概念	84
摄影构图是一门艺术	84
摄影构图的具体要求	85
摄影创作技巧	96
合理使用不同焦距的镜头	97
合理选择相机的角度和位置	99
前景和背景的构图	100
动态描写和质感描写	103
画面的表现效果	109
室内摄影的技巧	111
摄影教学的现状和教程安排	120
摄影教学的现状及存在的问题	120
摄影教学的教程安排及重点	134
摄影教学的教程安排及重点	144

摄影设备基本常识

基本光学原理

几何光学的基本原理

几何光学的含义及其范畴，是以光的直线传播性质为基础，研究光在透明介质中传播的几何光学。几何光学的理论基础，就是建立在通过观察和实验得到的几个基本定律。由于光的直线传播性对于光的实际行为只有近似的意义，所以，以它作为基础的几何光学，就只能应用于有限的范围和给出近似的结果。但这些对于了解与摄影有关的光学系统而言，已是足够的了。

一、光线

在几何光学中可用一条表示光传播的方向的几何线来代表光，并称这条线为光线。

二、光的传播定律

1.光的直线传播定律：光在均匀透明的介质中，光沿直线传播。

2.光的反射和折射定律：当光线由一均匀介质进入另一介质时，光线在两个介质的分界面上被分为反射光线和折射光线。这两条光线的进行方向，可分别由反射定律和折射定律来表述。

反射定律：反射线在入射线和法线所决定的平面上；反射线和入射线分别位于法线的两侧；反射角和入射角

相等。

在反射现象里光路是可逆的。

折射定律:折射线在入射线和法线所决定的平面内;
折射线和入射线分别位于法线的两侧

入射角 i 的正弦与折射角 r 的正弦的比, 对于给定的两种媒质来说, 是一个常数, 叫做第二媒质对于第一种媒质的折射率, 在这里我们用 n_{21} 来表示。

$$n_{21} = \frac{\sin i}{\sin r}$$

前面所讲的 n_{21} 是第二种媒质对于第一种媒质的折射率, 叫做这两种媒质的相对折射率, 即某种媒质对于真空的折射率叫做这种媒质的绝对折射率, 简称媒质的折射率, 用 n 表示。

因为光在空气中传播的速度与光在真空中传播的速度相差很小, 所以通常用媒质对空气的折射率代替媒质的折射率。 $n=1$ 。

光在任何媒质中传播的速度都小于在真空中的速度, 所以, 任何媒质的折射率都大于 1。由此可以推论, 光在一种媒质中传播的速度越小, 这种媒质的折射率越大。两种媒质相比较如第一种媒质的折射率大于第二种媒质的折射率, 则光在第一种媒质中的传播速度小于光在第二种媒质中的传播速度, 相对而言第一种媒质称为光密媒质, 第二种媒质称为光疏媒质。

当光线从光疏媒质射进光密媒质时

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\because v_1 > v_2 \quad \therefore \frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} > 1$$

$$\bullet \sin i > \sin r > r$$

这时， $r < i$ 说明光线近法线折射。

当光从光密媒质射进光疏媒质时

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \frac{V_1}{V_2}$$

$$\because V_1 < V_2 \quad \therefore \frac{\sin r}{\sin i} = n_{21} < 1$$

$$\bullet i < r$$

这时 $r > i$ 说明光线远法线折射。

在折射现象里，光路是可逆的。

光路的可逆性是几何光学中很重要的一条规律。

三、光的反射和折射

光线射到两种媒质的分界面上时，入射光线一般分为两部分，一部分返回原媒质产生反射；一部分进入第二媒质产生折射。反射光的强度随入射角的增大而增大；折射光的强度随入射角的增大而减小。在这部分里我们主要以平面镜和球面镜这两种和摄影直接相关的事物来分析光的反射现象。

1. 平面镜成像

(1) 象的概念和意义。由物体上某一点发出的光线，经过媒质界面的反射，反射光线如能交于一点，相交之点叫做物体上这一点的实象。如反射光线是发散的，不能相交，而反射线的反方向延长线交于一点，直接观察光线好像是从这一点发出的，这相交点就叫做物体上这一点的虚象。

一个物体是由很多个点组成的，这些点的象组成物体的象。实象可以直接用眼观察，也可以映在屏幕上显示出来。虚象只能直接用眼观察而不能映在屏幕上。

(2) 平面镜成像。根据光的反射定律，可以得出发光点或物体在平面镜里的象。

取物体的端点 A 发出的任意两条光线，反射后它们的延长线交于一点，这一点就是物体端点 A 的象，如图 1—3 所示。同样，物体的任何一点，通过做图都可以得出它所对应的象。平面镜成的是直立的虚象，物体和象分别在镜面的两侧，并以镜面为对称，象和物大小相等，左右相反。

2. 球面镜成象

(1) 球面镜的概念。镜子的反射面是球面的一部分时，叫做球面镜。

凹面镜：用球的内表面做反射面。

凸面镜：用球的外表面做反射面。

顶点：镜面的中心点。

曲率半径：球面镜所属球面的半径。

曲率中心：球面镜所属球面的中心。

主轴：通过顶点和曲率中心的直线。

近轴光线：一般使用的球面镜，都是它所属球面的很小的一部分即图 1—4 中的 θ 角所对应的那部分球面，而镜前的物体又都放在主轴附近，这样射到镜面上的光线叫近轴光线。

(2) 球面镜的

焦点和焦距。凹面镜：平行于主轴的近轴光线，射到凹面镜上，反射线相交于主轴上的一点，这一点叫做凹面镜的焦点，用 F 来表示，F 是实焦点。凹面镜有实焦点说明它有会聚光线的作用（如图 1—5）。焦点 F 到顶点 O 的距离，叫做焦距，用 f 表示。

一个凹面镜的焦距到底有多大，用直接测量的办法

所得到的结果往往误差很大，但是，球面镜的曲率半径却是很容易得知的，用简单的几何方法很容易计算出一个球面镜的曲半径。根据圆弧上任意三点可确定圆心的方法求出圆心所在的坐标，圆心到圆的外缘任意一点就是这个圆的半径，而凹面镜的焦距等于它的曲率半径的一半，因此很方便的就可得知凹面镜的焦距。

分析图 1—6，光 AB 平行于主轴，作 B 点的法线 BC，根据光的反射定律 $\angle CBD = \angle ABC$ 作反射线 BD，BD 交主轴于 F。

$\angle FBC = \angle CBA$ ， $\angle BCF = \angle CBA$ （平行线内错角相等）

$\angle FBC = \angle BCF$ $BF = CF$ （等腰三角形）

又 AB 是近轴光线，BO 之间相距很近

$BF = OF = CF$

F 是 OC 的中点，所以焦距是曲率半径的一半即 $f = \frac{1}{2}R$

凸面镜：平行于主轴的近轴光线射到凸面镜上，反射光线向外散开，这一现象说明凸面镜有发散光线的作用。反射光线的反向延长线交在主轴的一点 F（如图 1—7 所示）。这一点也叫焦点，是虚焦点。OF 是它的焦距，用 f 表示。

当光从光密媒质进入光疏媒质时

$$n_{\text{疏}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_{\text{密}}}{V_{\text{疏}}} < 1$$

$$\sin i < \sin r > i$$

所以光线远离法线折射。入射角增大，折射角也随之增大。

当入射角增加到某一值时，折射角增加到 90° 。入

射角再增加，就没有折射现象发生了。在这种情况下，入射光线全部反射回到原媒质。这就是全反射现象。

使全反射现象发生的入射光线的入射角叫做临界角，用字母 A 表示。

$$n_{21} = \frac{\sin A}{\sin 90^\circ}$$

$$\sin A = \sin 90^\circ \cdot n_{21}$$

$$\sin A = n_{21}$$

由此可见，临界角是由两种媒质决定的。

反射现象和折射现象是摄影实践中经常会遇到和利用的情况，只要我们对这一现象有一定的了解，就能在实践中避免它或利用它。

四、透镜

折射面是两个球面（或一个球面，一个平面）的透明体，叫透镜。

1. 透镜的种类

（1）凸透镜。中央部分比边缘厚的透镜叫凸透镜。凸透镜能会聚光线，也叫会聚透镜。

（2）凹透镜。中央部分比边缘薄的透镜叫凹透镜。凹透镜能发散光线，也叫发散透镜。

2. 关于透镜的一些基本概念

薄透镜如果一片透镜的厚度，比该透镜两折射面所属球面半径小得很多，这片透镜叫做薄透镜。我们一般见到和使用的透镜都是薄透镜。以下所介绍的也只限于薄透镜。

主光轴两个折射面球心的连线叫做透镜的主光轴。

光心：在主光轴上有一个特殊点叫光心，射入透镜的光线通过光心，光进行的方向不改变，即射出透镜的

光线和射入透镜的光线保持平行。

副光轴：通过光心的其它直线叫副光轴。

凸透镜的焦点和焦距：跟凸透镜主轴平行的平行光束经凸透镜折射后会聚在主轴上的一点 F ，叫凸透镜的主焦点，主焦点到光心的距离叫焦距，用 f 表示。平行光可以从凸透镜的两方入射，所以在它的两方各有一个主焦点 F_1 和 F_2 ，因此有相对应的两个焦距 f_1 和 f_2 。只要透镜两边是相同的媒质， $f_1=f_2=f$ （如图 1—8）。

跟主轴成一定角度与某一副轴平行的平行光束，经凸透镜折射后会聚在副轴上的一点，叫副焦点。很明显副焦点有很多。对于近轴光线，副焦点都在通过主焦点与主轴垂直的平面内，这个平面叫做焦平面（如图 1—8）。每个凸透镜都有两个焦平面。

凹透镜的焦点和焦距：凹透镜和凸透镜相似，也有主焦点、副焦点和焦平面。所不同的是凹透镜发散光线，平行光束经过它的折射散开的光线不能交于一点，而在光线的反向延长线上交于一点 F ，这一点也叫焦点，是虚焦点，从焦点到光心的距离叫焦距 f （如图 1—9）。一般为区别焦点的实虚，凸透镜的焦距取正值，凹透镜的焦距取负值。

3. 透镜成象规律（1）凸透镜成象。凸透镜成象可运用几条特殊光线来描述：

经过光心的光线不改变方向；平行于主轴的近轴光线折射后通过焦点。

通过焦点的光线折射后平行于主轴。

求一发光点 S 的象 S' 。

求一物体 AB 的象 $A'B'$ 。

u 和 f 是正值，如果 v 是正值，象就是实象， v 是负

值，象就是虚象。

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

凸透镜成像公式是利用相似三角形对应边成比例的关系得出的。同理也可得出放大率公式。

放大率公式：

$$K = \frac{A'B'}{AB} = \frac{v}{u}$$

结合上图可知式中：

$U=OB$ 叫物距，

$V=OB'$ 叫象距，

$f=OF$ 是焦距。

$$K = \frac{A'B'}{AB} = \frac{v}{u} \text{ 是直线放大率。}$$

当 $K > 1$ 时，说明象比物长；

当 $K < 1$ 时，说明象比物短。

(2) 凹透镜成像。凹透镜成像可用以下几条特殊光线来描述：

经过光心的光线不改变方向。

平行于主轴的近轴光线折射后，它的反方向延长线交于虚焦点。

通过虚焦点的光线折射后平行于主轴。

凹透镜成像作图法如图 1—13、1—14。

(因透镜有两个焦点，作图时必须注意什么情况要用哪一侧的焦点，所以凹透镜应特别注意)

求一发光点 S 的象 S' ；

求一物体 AB 的象 $A'B'$ 。

凹透镜成像公式：

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

式中 u 是正值， v 和 f 是负值放大率公式：

$$K = \frac{A'B'}{AB} = \frac{v}{u}$$

凸透镜的成象公式和凹透镜的成象公式以及放大率公式是完全相同的。因此，这两个公式只要在不同的情况下 u 、 v 、 f 取不同的符号即能适应两种透镜各种情况。

一般将实物放在镜前，因此 u 取正值。

f 的正负，决定于焦点的实虚。

凸透镜： $f > 0$ ；

凹透镜： $f < 0$ 。

V 的正负，决定象的实虚。

$V > 0$ ：成实象。

$V < 0$ ：成虚象。

(3) 透镜象的各种情况

凸透镜：凸透镜的成象情况可用表 1—1 说明：

表 1-1

物的位置	象的位置	象的大小	象的性质
1. $U = \infty$	$v = f$	缩的很小	实象
2. $\infty > u > 2f$	$f > v > 2f$	缩小	倒立实象
3. $u = 2f$	$v = 2f$	等大	倒立实象
4. $2f > u > f$	$2f < v < \infty$	放大	倒立实象
5. $u = f$	$v = \infty$		
6. $u < f$	$v < 0$	放大	正立虚象

在第 5 种情况中， $u = f$ ， $v = \infty$ ，可以说在无限远成象。
 $u = f$ 是凸透镜成实象和成虚象的分界点。

凹透镜：实物放在凹透镜前无论什么地方都成正立

缩小的虚象。

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象在感光胶片上，构成清晰的实象。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（象方主点）。主点的性质是：如果物体在前主点上，则其象必定在后主点上，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换成象空间的点，若以主点为基点，其变换关系可由下式表达：

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

式中 u 是光轴上前主点到物点的距离；

v 是光轴上后主点到象点的距离。

根据光学理论对主点到物点、象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

象点（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象的大小，它相当于物与象间之比的比例尺，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离为 s ，则镜头的合成焦距 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 $f_2 < 0$ ，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

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

$F = \frac{f}{D}$ 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 F 数的比值均近似为 $\sqrt{2}$ ，由于象面照度和相对孔径的平

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。而其余的各档光阑采用上述系列值。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，用某一镜头的焦距数除以光圈系数就可得出实际孔径。

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 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ；
广角镜头，视场角约为 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ；
超广角镜头，视场角约为 90° 以上；
望远镜头，视场角约为 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ；
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。我们不能单纯的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