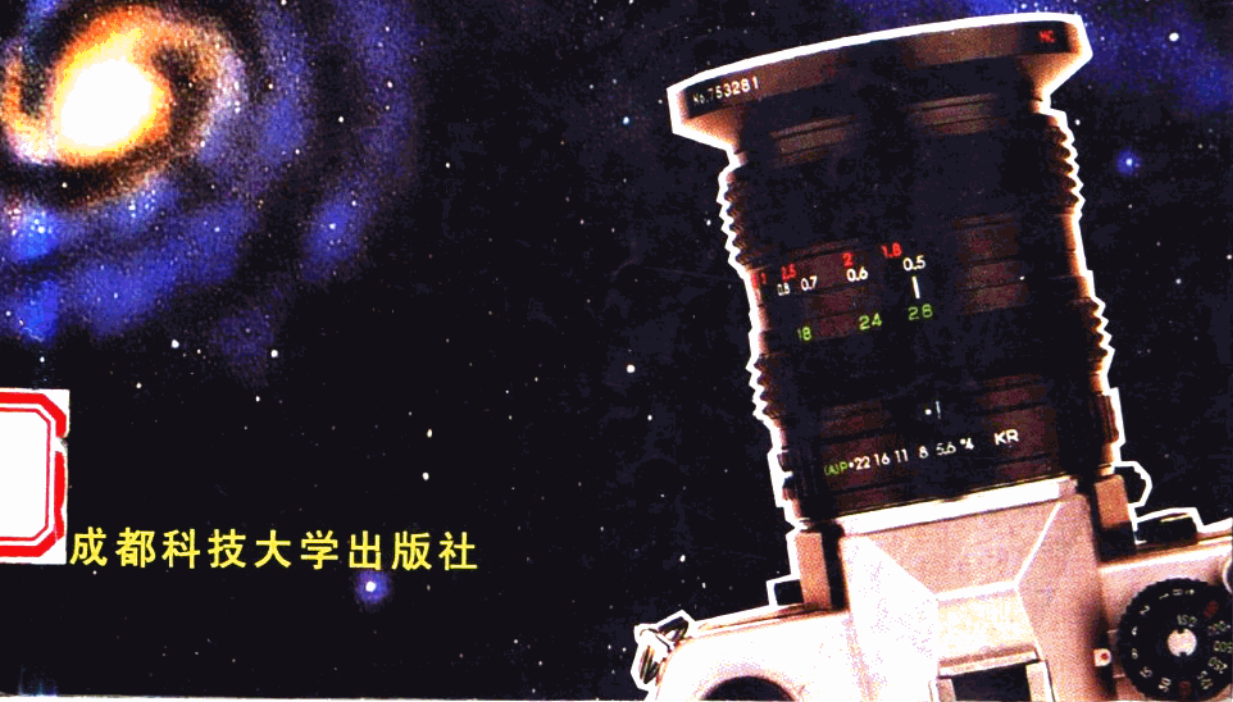


科技摄影

主编 陈志伟 杨志敏



成都科技大学出版社

科技摄影

主 编 陈志伟 杨志敏

副主编 申 森 王乐新

谢国苍 刘爱莲

编 委 潘建斌 冯朝岭

司怀吉 赵安庆

关六三

成都科技大学出版社

责任编辑:韩 果

封面设计:罗 光

内 容 提 要

本书在我们多年讲授“科技摄影”选修课的基础上,经多次使用、反复修改而编成。主要内容有:摄影镜头及其成像的基本理论、感光材料、暗室技术、彩色摄影、构图知识、近距摄影、显微摄影和现代摄影技术。可作为各类大、中专院校的教材使用,也可供摄影爱好者作为自学书籍。

科技摄影

主编 陈志伟 杨志敏

成都科技大学出版社出版发行

(成都市磨子桥 邮编:610065)

河南农业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张:9.375

1998年9月第1版 1998年9月第1次印刷

字数:228千字 印数:1—3000册

ISBN7-5616-3771-3/O·298 定价:12.50元

目 录

绪论	(1)
第一章 摄影镜头	
第一节 镜头的成像原理和主要性能	(5)
第二节 摄影镜头的种类、特点和用途	(11)
第三节 特殊摄影镜头	(13)
练习题	(15)
第二章 照相机主体及其附件	
第一节 快门	(16)
第二节 其它机械装置	(19)
第三节 自动功能系统	(20)
第四节 取景器与调焦验证装置	(22)
第五节 照相机附件	(24)
第六节 景深与超焦距	(28)
练习题	(32)
[附]APS 摄影系统简介	(32)
第三章 感光材料的种类、性能和使用	
第一节 胶片	(34)
第二节 胶卷的选择和使用	(40)
第三节 照相纸	(41)
练习题	(44)
第四章 暗室技术	
第一节 黑白胶片的冲洗	(45)
第二节 彩色胶片的冲洗	(55)
第三节 印相与放大技术	(58)
练习题	(67)
第五章 彩色摄影理论	
第一节 光和色的知识	(68)
第二节 彩色感光材料的结构和成色方法	(72)
第三节 彩色感光材料的种类和感光特性	(74)
第四节 彩色摄影中必须注意的问题	(76)
练习题	(79)
第六章 摄影构图与技法	
第一节 摄影构图	(80)

第二节 摄影用光	(85)
第三节 色彩的表现	(90
练习题	(92 ,
第七章 近距摄影	
第一节 近摄的方法和应注意的问题	(93)
第二节 翻摄	(97)
第三节 幻灯片制作和底片复制	(102)
第四节 小型标本摄影	(104)
练习题	(108)
第八章 显微摄影	
第一节 显微摄影的成像原理	(109)
第二节 显微摄影的光源与照明方法	(110)
第三节 显微摄影装置及其调整	(112)
第四节 显微摄影中感光片和滤光片的选用	(114)
第五节 显微摄影中的景深	(115)
第六节 显微摄影的曝光方法	(115)
第七节 显微摄影中的问题和注意事项	(116)
练习题	(116)
第九章 现代摄影技术	
第一节 激光全息照相	(117)
第二节 数码相机与数码影像系统	(121)
练习题	(133)
附录 常用药液配方	(134)
实习一 拍摄	(138)
实习二 配液与冲底	(139)
实习三 放大	(140)
实习四 彩色摄影	(141)
实习五 翻摄	(142)
实习六 小型标本摄影	(143)
实习七 幻灯片制作	(143)
实习八 显微摄影	(144)

绪 论

16 世纪,欧洲出现了用于美术绘画用的透镜“绘画暗箱”,这是最初的“暗箱”,亦即照机体的起源。1816 年,法国的 N·尼埃普斯在别人的帮助下,得到了第一架照相机“暗箱”,用他所说的“阳光摄影法”记录影像,1826 年他从自己房子的顶楼内向窗外景物拍摄得到的世界上第一幅照片,至今仍留存于世,他所用的感光材料是铅锡合金板和白沥青,由于光敏度太低,始终未直接应用于摄影上。1839 年,由 L·达盖尔发明了“银版法”:即在铜板上敷上碘化银,曝光后的铜板再用汞蒸气处理。这时的拍摄曝光时间需要数十分钟,以后改进到只需 2~3 分钟,这是因为镜头的口径从 $f/11$ 提高到了 $f/3.6$ 。

与此同时,英国的 H·F·塔尔博特用写字纸、氯化银(后改用碘化银)和显影液、定影液,创造了卡罗式摄影法,它有了可以大量印制正片的负片,奠定了具有现代胶片意义的雏型。这样,从 1839 年至 1850 年期间,存在着 L·达盖尔和 H·F·塔尔博特两种摄影方法的竞争。这是摄影的早期阶段。

此后,摄影又经历了“湿”板时代(F·S·阿切尔)和“干”板时代(R·L·马多克斯),进入了胶片胶卷时代。最初的摄影胶卷是由柯达公司的伊斯曼采用的,他在 1838 年制造成功了第一台“柯达”相机,机内事先装有一卷 6m 的胶卷,能够拍摄 100 幅直径为 6cm 的圆形照片。

在以后的年代里,黑白感光材料的性能,如感光度、强度、安全度、感色性、耐久性都继续获得改进。1882 年有了能对蓝绿色感光的“正色”干板;1906 年出现了第一批“全色”胶片和干板;1907 年出现了只用一个照相机拍摄的彩色片;1936 年柯达公司生产了第一个三层乳剂的彩色胶片,次年德国埃克发也生产了类似的彩色胶片,直到目前仍在使用和改进中。

照相机的研制同样也经历了一个从无到有,由简陋到精密的过程,“暗箱”具有了快门装置,镜头也从单片组发展到多片组。1900 年出现了带皮腔的折迭式“1/2 板”相机;1924 年,德国生产出第一台“莱卡”35mm 照相机(平视旁轴取景);1928 年,第一台双镜头反光 120“禄来”相机问世;1937 年,第一台“埃斯塔”35mm 单镜头反光照相机制造成功;60 年代,在光学器件发展和采用增透膜的基础上,又出现了一系列供单镜头反光照相机使用的各类从鱼眼广角到长焦距的摄影镜头。

现在,照相机正向着高度电子化、自动化、多功能方向发展,继采用自动测(曝)光系统(AE)和自动调焦系统(AF)的相机之后,又出现了使用 CCD(电荷耦合器件)、CD-ROM 和磁盘记录的照相机;感光材料的各项性能不断提高,如:ISO3200 的彩色胶片,高分辨率 3000 线/毫米的全息记录干板等。摄影器材日新月异。摄影和以它为基础的电影(连续画面)、电视(磁介质记录材料)这一广义摄影门类,已经形成十分重要的综合技术,它是信息时代的特征和不可缺少的工具。激光的出现,又使人们从传统摄影的二维平面像进入到三维物像的记录和再现(全息摄影)的新阶段。科学的进步,正未有穷期。今天,展现在我们面前的摄影世界更为绚丽多彩。

二

摄影技术的诞生和发展,至今仅仅 150 多年的历史,由于它的特点和作用,再加上其它学科,如光学、电子学的推动,这门技术一方面处于不断完善的发展过程中,一方面又日益扩大其应用领域,它不仅进入生产、科研的各部门,也进入艺术和生活中。摄影具有以下特点:

(一)能够准确而且迅速地记录景物的形象与色彩。它不仅有着文字、语言那样的传播交流功能,也具有文字那样的记录、保存功能,而且直观、真实、快捷,无语言(文字)障碍,某些情况下能起到文字与语言所不能起到的作用(如色彩等)。

(二)能在一定程度上打破时间和空间对人们认识问题的限制。在时间序列中,借助摄影对某一观察物建立的不同影像,可以帮助我们认识、分析、研究有关问题,其时间序列的长短可以是万分之一秒一直到数代人。在空间方面,也同样可以打破人类活动空间和视力的限制,通过摄影获得从物质精细结构、基本粒子径迹一直到太空、海底、其它星体等宏观、微观物体的面貌影像。由此可见,摄影大大地扩展了人类的眼界和认识问题的条件。

三

照相机最基本的组成部分是机体、镜头和快门,使用时加装胶片(见图 1)。照相机工作时,镜头把被摄景物成像在胶片位置上,通过控制快门的开闭,胶片即被曝光而形成潜影,从而完成了一次拍照动作。已曝光的胶片经过冲洗,便显现出被摄景物的影像。所以,照相机的工作过程就是照相机通过光化学作用把景物影像记录下来的过程;景物成像靠镜头,控制适当的曝光靠快门和光圈,记录影像靠胶片。

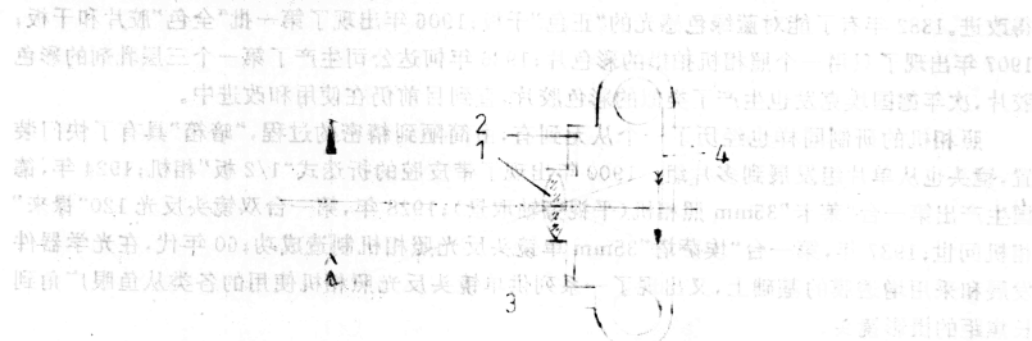


图 1 照相机工作原理
1—镜头 2—快门 3—机体 4—胶片

为了满足各种不同的要求,实际的照相机构造要复杂得多,一般由三大部分组成:①机械部分。主要包括机身、快门、闪光联动机构,机械式自拍门,快门上弦机构,卷片机构,计数机构,升降反光镜和收缩光圈机构等。②光学部分。主要包括摄影镜头、取景器、调焦校正系统、取景视力补偿镜片等。③电子装置部分。主要包括测光和显示系统、电子快门、电子自拍显示灯和

蜂鸣器,以及自动调焦机构、内装式万次闪光灯、电子记录拍摄日期装置、遥控装置、电动卷片、上弦、倒片机构等。

目前,世界上生产照相机的厂家很多,产量非常大,因此照相机的种类繁多,也没有统一的分类方法,而往往是在不同的场合,使用不同的分类法。常见的分类方法有四种:按所用胶片的宽度规格(或所摄画幅大小)分类;按照相机的取景方式分类;按自动化程度分类;按用途分类。

按所摄画幅尺寸分类,我国国内常见的照相机主要有下列品种:

1. 大型照相机:所摄画幅尺寸大于 $6\text{cm} \times 9\text{cm}$ 的照相机称为大型照相机。照相馆中使用的大型座机即属于此类。它使用装在片夹中的散页片拍摄,并可随意选用整幅散页片拍摄,或是仅用该散页片的某一部分拍摄所需尺寸的画幅。照相座机一般有 30.48cm 、 25.4cm 、 20.32cm 、 15.24cm 等几种规格可供选择,专业摄影者使用的大型照相机,一般可以折叠,便于携带,也使用散页片拍摄(见附表)。

2. 中型照相机:使用 120 胶卷,是国内常见的一个机种,这种照相机的标准像幅为 $6\text{cm} \times 6\text{cm}$ (拍 12 张),附加片匣还可以拍摄成 $6\text{cm} \times 9\text{cm}$ (8 张)、 $6\text{cm} \times 4.5\text{cm}$ (16 张),海鸥 4 型(双镜头反光式)、海鸥 203(折叠式)和东风牌(单镜头反光式)等都是比较典型的国产 120 相机。

120 型照相机的特点是拍照画面较大,底片经过印晒,就可获得原大照片,比较经济方便。双镜头反光式和单镜头反光式 120 相机具有反光取景器,用法灵活,可以放在胸前进行正面、侧面取景,也可以俯视取景,所以在拍摄高大物体时,可以用低角度拍摄(这是 135 相机所不能做到的)。120 相机还可以倒过来举过头顶,提高拍摄角度,而不必另找较高的拍摄点。120 型相机均为镜间快门,并有闪光连动装置,使用闪光灯时,快门速度不受限制。但双镜头反光式 120 相机的镜头是固定的,无法换用不同焦距的镜头,另外,光线微弱的情况下,用磨砂玻璃取景、测距不太方便。较高级的 120 相机均为单镜头反光式,它除了保留双镜头反光式 120 照相机的一些优点外,还独具双镜头反光式所没有的一些长处,如可以更换镜头和后背等(国产东风牌 120 相机)。由于放大技术的普及和提高,人们偏爱体积小巧的照相机,所以,现在一般摄影爱好者使用 120 照相机的就不多了。

3. 小型照相机:使用 135 胶卷,也是国内外使用较多的一个机种。基本画幅为 $24\text{mm} \times 36\text{mm}$,小型照相机拍摄的画面较小,一般都需要将画面放大。

小型照相机按取景方式分类,主要有以下两种:

(1)单镜头反光取景式 135 相机:这种相机的摄影镜头兼作取景物镜,在摄影镜头与胶片之间有一与光学主轴成 45° 角的反光镜,取景影像通过反光镜显示在机身上方的调焦屏上,摄影者通过取景目镜和屋脊形五棱镜观察该取景影像,因而取景影像较大,且清晰、明亮,同时,体积比 120 相机小,便于携带,摄影镜头一般可以迅速地更换。国产海鸥 DF-1 型、孔雀 DF 型属于这类相机。

(2)平视旁轴取景式 135 照相机:这种照相机一般具有独立的取景物镜,取景光轴与摄影光轴平行,取景影像较明亮,但放大率较小,不便仔细观察,存在取景视差,体积比单镜头反光式 135 相机稍小,镜头一般不可更换。

总之,135 照相机体积小,重量轻,上片快,拍摄张数多,节省感光片。由于 135 相机多数为帘布快门,并装有闪光连动设备,所以使用闪光灯时,不能用高档快门速度,一般只能用 $1/60\text{s}$

以下的速度。

4. 超小型照相机: 常见的此类相机有 110 照相机, 使用 6mm 的带孔胶片, 胶片背面有保护黑纸, 并一同安装在 110 片盒内, 机上有内装 X 闪光灯, 一般为自动曝光式照相机, 外型小巧, 便于携带。如日本产米诺尔它 460T 型。

附表

胶片画面尺寸和照相机型式

胶片	照相机分类	胶片型号	通 称	面 尺 寸(mm)	主要照相机型式
胶 片	超小型 照相机	9.5	米诺克司	8×11	平视取景式
		110	袖 珍 英斯塔迈蒂克	13×17	平视取景式 单镜头反光式
	小型 照相机	126	英斯塔迈蒂克	26×26	平视取景式
		135	莱卡等	24×36	平视取景式
		(35mm)	半幅	17×24	单镜头反光式
	中 型 照 相 机	120 (220)	6×4.5	45×60 (41.5×56) ^①	单镜头反光式
			6×6	60×60 (56×56) ^①	双镜头反光式 单镜头反光式
			6×7	60×70 (56×67) ^①	单镜头反光式
			6×9	60×90 (56×82.6)	平视取景式
散 页 胶 片	大 型 照 相 机	2.5×3.25	大 2 in	58×81	平视取景式
		4×5	4 in	92×119	平视取景式
		4.75×6.5	6 in	114×159	平视取景式
		5×7	大 6 in	121×172	平视取景式
		6.5×8.5	8 in	158×210	平视取景式
		8×10	12 in	193×243	平视取景式

(1) 括弧内数字为实际照片画面尺寸(不含边)。

(2) 220 胶片与 120 胶片宽度和卷的直径一样, 但前者仅在头部和尾部分别采用短短一段保护衬纸, 因而胶片使用长度要比后者多一倍。

(3) 上表中的英寸是非法定计量单位, 在使用时应按 1 in=25.4mm 核算。

第一章 摄影镜头

镜头即照相物镜,是照相机的重要组成部分,主要起成像作用。镜头一般由四个部分组成:(1)起成像作用的光学系统。(2)固定光学系统的镜筒。(3)限制通光量的光圈。(4)前后移动光学系统的调焦机构。镜头有固定和活动的两种,都安装在机身的前端。

镜头的光学系统一般是由光学玻璃磨制成的若干片正负透镜组成的一个共轴球面正组光学系统。透镜的数目已由三四片,发展到六七片不等。一般来说,透镜数目越多,消除各种像差的情况越好,成像质量越高。

第一节 镜头的成像原理和主要性能

一、理想共轴球面系统的成像

由中心在同一直线上的两个或两个以上的球面组成的系统叫做共轴球面系统。各球面的中心所在的直线为系统的光轴或称主轴。共轴球面系统是最简单的一种球面组合系统,也是一般复杂光学系统的基本组元。共轴球面系统对近轴区域的物能完善地成像。

光经共轴球面系统的成像,是光依次在组成系统的每个球面上折射、反射的结果。成像过程中,前一折射面所成的像,即为后一折射面的物。显然,共轴球面系统的实际成像光路图非常复杂。

在几何光学中,研究共轴球面光学系统时,往往不是逐一研究每一个球面的成像,而是略去光学系统的实际结构,将整个系统看作一个整体,近似于一个厚透镜,找出系统的几个特殊点,表征系统在成像上的性质,以便简化作图和计算。这些点称为系统的基点。

一束与理想共轴球面光学系统的主轴平行的光线,从物方空间进入该光学系统,经过各透镜的多次折射后,向系统的像方空间出射后,并汇聚于主轴上的一点 F' ,此汇聚点称为该系统的像方焦点。同时,一束平行于主轴的光线,从像方空间经过该光学系统后,汇聚于物方空间主轴上的一点 F ,此汇聚点称为该系统的物方焦点,像方焦点和物方焦点彼此对应,统称为焦点。过像方焦点或物方焦点,并与主轴垂直的平面,分别称为像方焦平面和物方焦平面。位于物方焦点处的点光源,经系统后,在像方空间无限远处成像,位于物方空间无限远处的点光源,经系统后,在像方焦平面处成像。

从物空间 B 点发出的与理想共轴球面系统的主轴平行的光线,自该系统前表面上的 P 点进入系统内,经过多次折射后,从后表面上的 P' 点射向该系统的像方焦点 F' 。若把线段 BP 和 $F'P'$ 分别延长,则两者相交于 Q' 点,图1-1。过 Q' 点作主轴的垂线,该垂线与主轴相交于 H' 点。 H' 称为该系统的像方主点。过 H' 点并与主轴垂直的平面,称为此系统的像方主平面。为便于分析和作图,一般假设:从物方空间发出的与主轴平行的光线,在进入系统后,仍沿原方向前进,直到像方主平面处,才发生折射,且射向像方焦点 F' 。同理,自像方空间 B' 点发出的主轴平

行的光线,从系统的后表面上的 U' 点进入系统,经多次折射后,于光学系统前表面上的 U 点射出,且射向物方焦点 F 。若将线段 $B'U'$ 和 FU 分别延长,则两者彼此相交于 V 点,见图 1-2。过 V 点作主轴的垂线,该垂线与主轴相交于 H 点。 H 称为该系统的物方主点。过 H 点与主轴垂直的平面,称为此系统的物方主平面。同样道理:一般假设,从像方空间发出的与主轴平行的光线,在进入系统后,仍沿原方向前进,直到物方主平面处才发生折射,射向物方焦点 F 。由于光路的可逆性,所以,自物方空间发出的过物方焦点 F 的光线,在进入光学系统后,仍沿原方向继续前进,直到物方主平面处,才发生折射,且沿与主轴平行的方向像方空间射出。

根据上述成像规律中的任意二条,可以求出物体 AB 经理想共轴球面光学系统后,所结成的清晰影像 $A'B'$ 。

此外,由光学系统的物方主点 H 到物方焦点 F 间的距离 f ,称为该系统的物方焦距。由光学系统的像方主点 H' 到像方焦点 F' 间的距离 f' ,为该系统的像方焦距。由光学系统物方主点到摄物平面间的距离 L ,称为物距,由光学系统像方主点到清晰像平面间的距离 L' ,称为像距。

图 1-1 理想共轴球面正组光学系统的成像

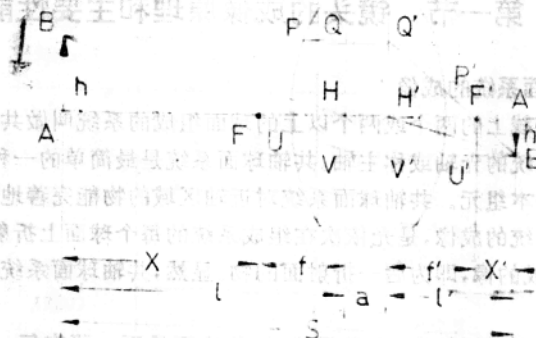


图 1-1 理想共轴球面正组光学系统的成像

点基的成像规律,如图 1-2 所示。图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

不同类型的摄影镜头其物方主点 H 或像方主点 H' 相对于镜筒的位置,往往

有所不同。图 1-2 所示为像方主点 H' 位于摄影镜头外部的两种摄影镜头,图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

不同类型的摄影镜头其物方主点 H 或像方主点 H' 相对于镜筒的位置,往往

有所不同。图 1-2 所示为像方主点 H' 位于摄影镜头外部的两种摄影镜头,图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

不同类型的摄影镜头其物方主点 H 或像方主点 H' 相对于镜筒的位置,往往

有所不同。图 1-2 所示为像方主点 H' 位于摄影镜头外部的两种摄影镜头,图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

不同类型的摄影镜头其物方主点 H 或像方主点 H' 相对于镜筒的位置,往往

有所不同。图 1-2 所示为像方主点 H' 位于摄影镜头外部的两种摄影镜头,图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

不同类型的摄影镜头其物方主点 H 或像方主点 H' 相对于镜筒的位置,往往

有所不同。图 1-2 所示为像方主点 H' 位于摄影镜头外部的两种摄影镜头,图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

不同类型的摄影镜头其物方主点 H 或像方主点 H' 相对于镜筒的位置,往往

有所不同。图 1-2 所示为像方主点 H' 位于摄影镜头外部的两种摄影镜头,图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

不同类型的摄影镜头其物方主点 H 或像方主点 H' 相对于镜筒的位置,往往

有所不同。图 1-2 所示为像方主点 H' 位于摄影镜头外部的两种摄影镜头,图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

不同类型的摄影镜头其物方主点 H 或像方主点 H' 相对于镜筒的位置,往往

有所不同。图 1-2 所示为像方主点 H' 位于摄影镜头外部的两种摄影镜头,图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

不同类型的摄影镜头其物方主点 H 或像方主点 H' 相对于镜筒的位置,往往

有所不同。图 1-2 所示为像方主点 H' 位于摄影镜头外部的两种摄影镜头,图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

不同类型的摄影镜头其物方主点 H 或像方主点 H' 相对于镜筒的位置,往往

有所不同。图 1-2 所示为像方主点 H' 位于摄影镜头外部的两种摄影镜头,图(a)为长焦距摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头前顶面的前方。图(b)为广角摄影镜头,其像方主点 H' 位于该镜头后顶面的后方。

差别很大。

二、镜头的主要性能

1. 焦距

摄影镜头的焦距用 f (或 F) 表示,单位用 mm,每个镜头的焦距是固定的,除变焦镜头外,其余镜头的焦距都无法变动,镜头的焦距值一般标注在镜头的前镜片压圈上或镜筒外圆周上,如 $f=50, F=50$, 等等。我国部颁 JB745-65 标准,对照相机摄影镜头的焦距系列规定如下: 25mm, 35mm, 40mm, 45mm, 50mm, 58mm, 75mm, 80mm, 90mm, 105mm, 135mm, 180mm, 210mm, 250mm, 300mm, 400mm, 500mm, 600mm, 1000mm。

焦距的长短直接影响物体成像的放大率。同一地点,用不同焦距的镜头拍摄同一物体,可以发现物体的成像放大率不同。焦距的长短还直接影响镜头透光能力的强弱、镜头视角的大小和景深的长短。所以,拍摄时要根据不同的需要选用不同焦距的镜头。

(1) 焦距与视角间的关系 视角指摄影镜头所能清晰拍摄下的景物的空间角度,镜头的视角愈大,则相机所拍摄下的景物范围也就愈大。照相机摄影镜头的焦距与对角线视角的关系如下:

$$\theta_{\text{对角}} = 2\arctg \frac{L}{2f}$$

其中, θ 脚标为镜头的对角线视角, L 为所摄画幅的对角线长度, f 为镜头的焦距。由公式可知,摄影镜头的焦距愈短,则其视角愈大。因此,摄影界常把短焦距镜头称为广角镜头,把长焦距镜头称为窄角镜头。对角线视角与镜头焦距的关系可参见图 1-3 和表 1-1。

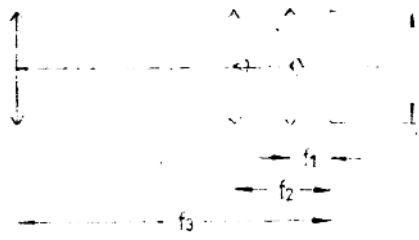


图 1-3 焦距与视角的关系

表 1-1 135 照相机摄影镜头的对角线视角

焦距(mm)	对角线视角	焦距(mm)	对角线视角	焦距(mm)	对角线视角
13	118°	50	46°48'	400	6°12'
15	110°32'	85	28°34'	500	4°58'
18	100°29'	105	23°18'	600	4°08'
20	94°30'	135	18°13'	800	3°06'
24	84°04'	180	13°43'	1000	2°29'
28	75°23'	200	12°21'	1200	2°04'
35	63°27'	300	8°15'	2000	1°15'

(2) 焦距与影像放大率间的关系 当照相机的焦距确定后,摄影镜头的焦距越长,则拍摄时的影像放大率越大;反之则越小。物体成像的大小与焦距成正比。焦距加长 1 倍,则物体成像增大 1 倍。当相机所获影像放大率确定后,摄影镜头的焦距越长,则拍摄时的物距就应选择得远些,反之,则拍摄点应选择得近些。即当影像放大率不变时,物距与焦距成正比关系。

(3) 焦距与景深的关系 焦距大的镜头,景深较短;而焦距短的镜头,景深较大。

2. 相对孔径和光圈系数

摄影镜头中间设有光圈,光圈叶片组成一个可以通过光线的光孔,调节镜头上的光圈调节环,可以改变光孔的直径大小。

光孔通过前面的那些透镜片,在该摄影镜头物方空间所结成的影像,称为入射光瞳,简称入瞳。摄影镜头的相对孔径,指该摄影镜头的入射光瞳直径 d 与焦距 f 之比。即,

$$\text{相对孔径} = d/f$$

光孔开到最大位置时的相对孔径,称作该摄影镜头的最大相对孔径,也标注在摄影镜头的前镜片压圈上。如标法为 $1:1.2$,或 $1/1.2$ 时,即表示该摄影镜头的最大相对孔径为 $1:1.2$ 。摄影镜头的最大相对孔径愈大,同一被摄物体能投射到成像平面处的最大照度也愈大,就更有利于在低照度下进行拍摄。

相对孔径的倒数称作光圈系统,一般用 A 表示

$$A = f/d$$

上式所求得的光圈系统又称 f /制光圈系数,简称 F 数或 f /数。

从理论上讲,摄影镜头入射光瞳直径每增大到 $\sqrt{2}$ 倍(即 $1:1.4142136$ 倍),其面积即增大到 2 倍,通过该镜头的光通量也增大为 2 倍,因而使胶片处的曝光量增大为 2 倍。按这一原理标定的光圈系统的系列应为:1, 1.4142136, 2, 2.8284271, 4, 5.6568542, 8, 11.313708, 16, 22.6274717..., 为使光圈系列简明易算,世界各国一致同意将上述系列中的小数值进行修约,从而获得下述通用系列:1, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32, 45, 64。并同时规定,相邻两档光圈系数间的曝光量仍相差一级,即较小的那档光圈系数的曝光量,为较大的那档光圈系数的二倍。

我国部颁 JB745-65 标准,对 f 制光圈系数的系列规定如下,1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22。在这里由于 $f/1$ 与 $f/22$ 相差 9 档,即两者的曝光量相差 9 级,故 $f/1$ 的曝光量是 $f/22$ 的 512 倍。这是由于两者曝光量相差的倍数为 9 个 2 连乘的积,即 $2^9 = 512$ 。

例如:哈色布莱德 500C/m 型 120 相机,其标准镜头的焦距为 80mm,因而当将光圈系数调节到 $f/8$ 时,由 $A = f/d$ 可知其入射光瞳直径为 10mm,当调节到 $f/4$ 时,其入射光瞳直径为 20mm,所以 $f/4$ 时的入瞳面积是 $f/8$ 时的 4 倍,因此前者的光通量也是后者的 4 倍。如图 1-4。

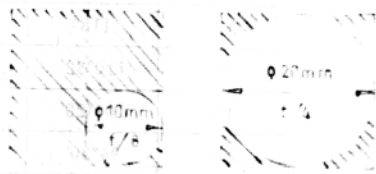


图 1-4 光圈系数与入射光瞳和光通量

需要注意的是,一般把光孔直径调大,即把光圈系数调小,称作开大光圈,把光孔调小,即把光圈系数调大,称作收小光圈。

3. 调焦与摄影距离

在被摄主体平面(即物平面)和照相机胶片乳剂平面(即像平面)的位置分别确定以后,沿主轴方向调节摄影镜头焦平面的前后位置,使被摄主体在胶片上能结成最清晰的像,此调节过程称作调焦。调焦时手操作的零件称作调焦环(调焦钮)。如国产海鸥 DF 型 135 照相机的标准摄影镜头(焦距为 50mm),在调焦环上刻有下列摄影距离标尺 m : 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.1, 1.2, 1.5, 2, 3, 5, 10。左边的字母 m 表示该标尺以米为单位。有些进口相机往往还同时刻上英尺为单位的摄影距离标尺,用英文 ft 或 $Feet$ 标示。要注意区别,英制和米制数字系列的颜色往

往不同。

摄影距离标尺中的各数值,并非指点摄影时的物距 L ,而是指从摄影镜头成像平面(即胶片乳剂平面)处,到被摄主体平面之间的距离,它等于物距、像距、两主点间距离这三者之和,摄影距离又称为调焦距离,是专为摄影调焦而刻在镜头上的。

4. 摄影镜头的成像质量

摄影镜头成像质量(简称像质)的优劣,直接影响着所摄底片的技术质量。

任何摄影镜头都存在程度不同的成像误差——像差。这些残存像差将使该摄影镜头的成像质量受到程度不同的影响。

常见的像差有下述几种:

(1)球差 由主轴上某一物点向光学系统发出的单色圆锥形光束,经该光学系统折射后,若原光束不同孔径角的光线,不能交于主轴上的同一位置,以至在主轴上的理论像平面处,形成一弥散光斑,则此光学系统的成像误差称作球差。收小光孔(即用较大的光圈系数)拍摄时,可适当减小球差对成像的影响。

(2)慧差 由离主轴较远的某一轴外物点,向光学系统发出的单色圆锥形光束,经该光学系统折射后,若在理论像平面处不能结成近轴像点,而是结成拖着明亮尾巴的慧星形光斑,则此光学系统的成像误差称作慧差。

(3)像散 由离主轴较远的某一轴外物点,向光学系统发出的斜射单色圆锥形光束,经该光学系统折射后,若在理论像平面处不能结成清晰像点,而是结成一弥散光斑,当前后移动像平面至某一位置(即弧矢像面)时,影像变成一过光学系统径向直线的直线段,而移至另一位置(即子午像面)时,影像又变成一与光学系统径线相垂直的直线段,则此光学系统的成像误差称作像散。在上述两成像位置之间,可获得一弥散光斑最小的成像平面。用有像散的光学系统拍摄由若干同心圆环和若干径向直线组成的平面图像时,在子午像面只能获得各同心圆环清晰、各径向直线模糊的影像;而在弧矢像面又只能获得各径向直线清晰、各同心圆环模糊的影像——不论将成像平面调至何处,均无法获得同心圆环和径向直线同时非常清晰的影像。此时的最佳成像平面的位置,处在子午像面和弧矢像面之间的某处,而在该处所获得的影像也只能是同心圆环和径向直线均相对清晰的影像。

(4)场曲(像场弯曲) 垂直于主轴的平面物体所结成的清晰影像若不在一平面上,而在一以主轴为对称的弯曲表面上(即最佳像面为曲面),则此光学系统的成像误差称作场曲。用存有场曲像差的摄影镜头拍摄时,当调焦至画面中央处的影像清晰时,画面四周的影像模糊;而当调焦至画面四周处的影像清晰时,画面中央处的影像又开始模糊。总之,无法在平直的像平面上获得中央与四周均清晰的影像。

(5)畸变 用光学系统拍摄方格形的平面图形时,若影像中的图形四边形变成向外凸起的木桶形或向里凹进的枕头形,则此光学系统的成像误差称作畸变。畸变像差只影响影像的几何形状,即影响影像与物体的相似性,而并不影响影像的清晰程度。这是畸变与影响影像清晰程度的球差、慧差、像散、场曲之间的最大区别。

(6)色差 由于白光是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等色光组成的,其中色光的颜色不同,其波长和传播速度也就不同,所以不同波长的色光通过同一单片透镜时,产生的折射程度必然不一致。用光学系统拍摄具有不同颜色的平面物体时,若各颜色所结成的影像不能位于同一成像

平面上,从而无法获得同样清晰的影像,则此光学系统的成像误差称作色差。能对两种色光校正色差的光学系统,称作稳定的消色差系统;能对三种色光校正色差的光学系统,称作复消色差系统;能对四种色光校正色差的光学系统,称作超消色差系统。在实际光学系统中,一般能对某两种色光校正色差。

摄影镜头像差的校正主要是通过合理选择摄影镜头的结构型式及各片透镜的几何尺寸、位置关系和折射率等实现的。

能够对全部六种初级像差进行校正的摄影镜头,称作正光摄影镜头。

摄影界一般根据摄影镜头的分辨率(又称鉴别率、角像力)的高低,评价某摄影镜头成像质量的优劣。

摄影镜头分辨率一般指在像平面处,1毫米内能分辨开的黑白相间的线条对数,其单位是“线对/毫米”。

测量镜头分辨率高低的方法如下:用某摄影镜头,拍摄普通分辨率图板,然后用高倍放大镜检查底片上每毫米范围内能清晰分辨开的线条对数,能分的愈多,则分辨率愈高。

不同等级的摄影镜头,对分辨率的要求也不同。我国对135和120照相机用摄影镜头,规定了分辨率部颁标准,见表1-2所示。

表1-2 国产照相机摄影镜头分辨率标准 (单位:线对/毫米)

画幅尺寸	60mm×60mm		21mm×36mm	
	中心视场	边缘视场	中心视场	边缘视场
一级照相机	26	13	37	22
二级照相机	21	9	31	15
三级照相机	15	6	26	12

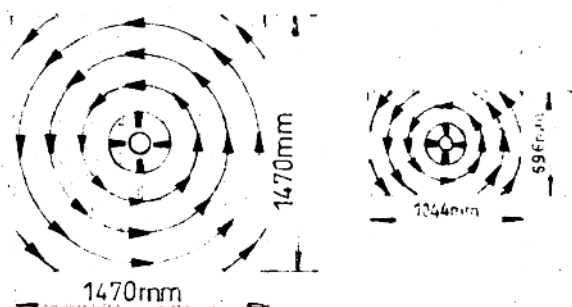


图1-5

我国部颁JB745-65标准中规定的分辨率图板形状如图1-5所示。该图板上贴有分辨率图案。拍摄时影像与物体之间的倍率为1:29,图板的照明应均匀,照相机固定在三脚架上,摄影镜头主轴应过图板中心并与之垂直,光圈应开至最大,并应正确曝光和显影。

摄影者依据分辨率高低评价摄影镜头质量时,往往要兼顾该摄影镜头所摄底片的视觉效

果,例如调子的软硬、色彩还原的好坏等。

此外,还可依据星点检验法和光学传递函数法(OTF),评价摄影镜头成像质量的优劣。摄影镜头的新旧程度,对成像质量的影响很大,因此,摄影者应认真维护摄影镜头。

第二节 摄影镜头的种类、特点和用途

依据焦距值能否调节,可将摄影镜头分为定焦距摄影镜头和变焦距摄影镜头两类;依据用途又可将摄影镜头分为普通镜头和特殊摄影镜头两大类。

一、定焦距摄影镜头

定焦距摄影镜头指焦距固定不变的摄影镜头。

根据焦距的长短,可将定焦距摄影镜头分为以下几种类型:

1. 鱼眼摄影镜头

鱼眼摄影镜头前端的第一片透镜,好像鼓起的鱼眼睛。在135照相机系列中,焦距自6mm至16mm的摄影镜头,一般被称作鱼眼摄影镜头。

鱼眼镜头的焦距很短,视角很大,有些镜头的视角可达 180° ,有的甚至达到 230° ,因而能拍摄下照相机两侧的部分景物。这种摄影镜头的有效像场比片窗小,并且呈圆形。此类镜头可使景物的透视关系得到极大的夸张,但与景物相比,所拍摄的影像变形非常大。鉴于上述特点,鱼眼摄影镜头的用途并不广泛,一般仅用于创作特殊效果的画面,以及拍摄一些供学术研究的照片。例如,在地理学领域,可通过这种镜头拍摄的照片测定天顶角、方位角;在建筑学领域,可用所拍摄片测定日照时间、天空透射率;气象领域,用其拍摄天空云图。

2. 短焦距摄影镜头

焦距比标准摄影镜头短,同时又比鱼眼摄影镜头长的摄影镜头,称作短焦距摄影镜头。此类镜头又细分为超广角摄影镜头和普通广角摄影镜头二类,其中前者的焦距接近鱼眼摄影镜头,后者的焦距接近标准镜头。例如,在135照相机的摄影镜头系列中,一般把焦距自17mm至21mm的镜头称作超广角摄影镜头;把焦距等于或大于24mm,而又比标准镜头短的摄影镜头,称作普通广角摄影镜头。

短焦距摄影镜头的焦距比较短,视角比较广(大),因而用其摄影时,可获得如下效果:

- (1)能够拍摄下的景物空间范围很大。
- (2)所摄影像的景深非常大。
- (3)在拍摄距离相同时,所获得的影像尺寸比标准摄影镜头的小。
- (4)由于放大率较小和视场扩大的影响,可使所摄画面的空间视觉效果和空间纵深感明显增强。例如,可使前景明显夸张而后景显著压缩,同时可使前后景之间的深度感夸大。
- (5)在拍摄距离较近的景物时,容易产生物体的透视变形问题。
- (6)某些短焦距摄影镜头存在较严重的畸变像差,影像愈靠近画幅边缘,畸变愈明显。

短焦距摄影镜头常用于拍摄远景、全景画面,以及在较狭窄而受限制的拍摄现场使用。这种镜头可以使较狭窄的房间显得比较宽敞一些。利用此类镜头还可以拍摄出一些具有透视夸张效果的照片。

使用短焦距摄影镜头时,应避免使具有水平线条或垂直线条的景物位于画幅边缘,若景物

中有水平线条和垂直线条必须拍摄下来,则尽量将其安排在靠近画幅中心处,以使畸变不甚明显。

3. 标准镜头

一般将焦距值与所摄画幅对角线相近的摄影镜头,称为标准镜头。如普通 135 相机,所拍摄的画幅尺寸为 $24\text{mm} \times 36\text{mm}$,画幅对角线长度为 43.27mm ,故一般把焦距为 50mm 的镜头,称作 135 相机的标准镜头。又如: $60\text{cm} \times 60\text{cm}$ 规格的 120 相机,所拍摄的画幅尺寸为 $56\text{mm} \times 56\text{mm}$,画幅对角线长度为 79.20mm ,故一般把焦距 80mm 的摄影镜头称作 60×60 规格 120 相机的标准镜头。标准镜头的焦距,视角、景深等适中,因而最常用。

4. 长焦距摄影镜头

焦距比标准摄影镜头长的镜头,称作长焦距摄影镜头。此类摄影镜头按焦距长短,又细分为普通摄影镜头和超摄影远镜头两类。其中前者的焦距较接近标准摄影镜头,后者的焦距远大于标准镜头。长焦距摄影镜头按结构类型,还可细分为折射型长焦距摄影镜头(此类产品最多、最普遍),折反射型长焦距摄影镜头(采用在部分焦距自 400mm 至 2000mm 的摄影镜头上)。例如,在 135 照相机的摄影镜头系列中,一般把焦距自 85mm 至 300mm 的摄影镜头称作摄远镜头,把焦距自 300mm 至 2000mm 的摄影镜头称作超摄远镜头。

长焦距摄影镜头的焦距比较长,视角比较窄(小),因而用其摄影时,可获得如下效果:

(1)能够拍摄下的景物空间范围很小。

(2)所摄影像的景深非常小。

(3)在拍摄距离相同时,所获得的影像尺寸比标准摄影镜头的影像大,故拍摄远处景物时成像清晰,放大效果好。

(4)由于放大率较大和视场较小的影响,可使所摄画面的空间视觉效果和空间纵深感明显减弱。例如,可使远景明显夸大,同时可使前后景之间的深度感显著压缩。

(5)在拍摄距离较近的景物时,不容易产生物体的透视变形问题。

(6)一般畸变像差很小。

(7)由于焦距较长,透镜片的直径不容易也不宜加工得很大。(若直径太大,则重量和体积增大,不易携带使用),因而其最大相对孔径一般较小。

长焦距摄影镜头常用于拍摄距离较远,无法到达跟前(例如拍摄空中的飞鸟)或不宜到达跟前(例如拍摄林中的小动物)的景物。用此类镜头在远距离拍摄时,不容易被所拍摄的对像(例如人或动物等)发觉,因而容易获得神态自然、生动逼真的画面。相比之下,用标准镜头拍摄远处景物时,被摄主体在画面中的影像太小,放大困难,而且只占整个画幅的一小部分,对底片的利用也不经济。

由于长焦距摄影镜头的景深很小,故可用其拍摄位于杂乱环境中的被摄主体——使复杂零乱的前后景物成像模糊,从而突出被摄主体,增强立体感效果,而且在彩色摄影时,前景中模糊景物所形成的色斑,还可使画面具有特殊的艺术效果。由于摄远镜头的透视变形和畸变很小,体积又不太大,因而常用于拍摄人物肖像。

使用长焦距摄影镜头时应注意以下两点:由于视角很窄,影像放大率很大,因而外来的轻微震动(例如,手持拍摄时手的抖动),很容易使所摄影像的清晰度受到影响。为此,摄影时快门时间的分母,一般应选得等于或大于该摄影镜头的焦距数值(例如,使用焦距 250mm 的镜头