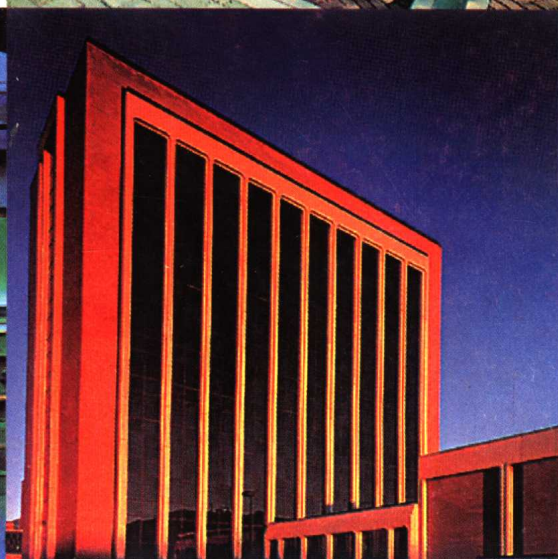


建筑

摄影

○ 邹新运 编著



○○ 国防科技大学出版社 ○○

高等院校教材

建筑摄影

邹新运 编著



国防科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑摄影/邹新运;—长沙:国防科技大学出版社,1997.3

ISBN 7-81024-413-2

- I 建筑摄影
- II 邹新运
- III 摄影技术-应用-建筑
- IV TU8

责任编辑:李 毅

责任校对:文 慧

封面设计:陆荣斌

国防科技大学出版社出版发行
电话(0731)4555681 邮编:410073
新华书店总店北京发行所经销
湖南大学印刷厂印装

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张10.5 字数243千
1997年3月第1版 1998年1月第2次印刷 印数3001-6000

*

ISBN 7-81024-413-2
TU·3 定价:18.00元

前 言

为了满足建筑摄影教学的需要,根据建筑学专业、建筑工程专业本科对《建筑摄影》教学大纲的要求和作者多年的教学实践,编写了本教材。全书共计八章,系统地介绍了摄影及建筑摄影的基础理论、基本知识和基本技能,并结合科学技术发展的实际,重点地介绍了当前摄影技术的发展和应用;书中还收集编入了一定数量的建筑摄影习作,使全书内容更为充实。

本书是建筑学专业,建筑工程专业以及其它建筑工程类专业本科教材,也可选作工程科技人员的参考书籍。

本书在编著过程中,曾得到有关单位和同志的支持及指导,在此特表谢意。

对于书中的缺点和错误,希望广大读者批评、指正。

作 者

一九九六年九月于湖南大学

目 录

第一章 摄影概论	(1)
第一节 摄影及其应用	(1)
第二节 光度学知识	(2)
第三节 光学系统及成像公式	(3)
第四节 摄影光化学反应概述	(5)
第五节 摄影化学处理过程概述	(5)
第二章 摄影机	(7)
第一节 镜头	(7)
第二节 快门	(19)
第三节 检影器	(21)
第四节 暗箱	(25)
第五节 普通摄影机	(25)
第三章 感光材料及其特性	(28)
第一节 感光材料的结构和分类	(28)
第二节 感光乳剂制备概述	(31)
第三节 感光测定	(34)
第四章 建筑摄影	(44)
第一节 摄影构图	(44)
第二节 摄影方法	(52)
第三节 曝光表及其应用	(56)
第四节 滤色镜及其应用	(58)
第五节 闪光灯及其应用	(60)
第六节 建筑摄影	(62)
第五章 负片摄影处理过程	(66)
第一节 潜影的形成和性质	(66)
第二节 显影原理	(67)
第三节 显影液的成分及其功能	(69)
第四节 显影液的配方	(72)
第五节 显影条件对影像特性的影响	(73)
第六节 显影液的配制	(75)
第七节 定影	(75)
第八节 水洗	(77)
第九节 负片处理的技术操作	(79)
第六章 正片的晒印技术	(81)
第一节 正片材料	(81)
第二节 接触印相法	(83)
第三节 投影印相法	(86)

第七章	感光材料的特殊显影处理和辅助加工	(90)
第一节	快速摄影处理	(90)
第二节	钒离子显影法	(92)
第三节	反转显影法	(93)
第四节	影像的辅助加工——加厚与减薄	(96)
第五节	调色	(101)
第八章	彩色摄影	(104)
第一节	光和色的基本知识	(104)
第二节	色光的相加和相减	(106)
第三节	彩色感光材料	(108)
第四节	彩色摄影	(110)
第五节	彩色感光材料的摄影处理	(113)
第六节	彩色相片的晒印	(115)
第七节	假彩色摄影概述	(117)
第八节	彩色扩印概述	(119)
附录一	摄影常用药品性能及保存	(121)
附录二	黑白片摄影处理溶液的配方	(132)
附录三	彩色摄影处理程序和配方	(139)
附录四	彩色反转片摄影处理程序和配方	(143)
附录五	国产彩色航空片的摄影处理程序和配方	(148)
附录六	特殊处理配方	(153)
附录七	几种彩色摄影处理的套药	(154)
参考文献		(155)
附 页	建筑摄影习作	

第一章 摄影概论

第一节 摄影及其应用

摄影就是利用摄影机对被摄物体进行拍摄,使感光片(涂有卤化银乳剂的片基)接受一定光量辐射后经过化学处理而获得与被摄物体相似影像的过程。因此,摄影学就是在确定了光对感光乳剂作用规律的基础上,从理论和实践方面研究和探讨获得高质量摄影影像的学科。

最初的摄影只是应用在人像,风景和建筑物的拍摄上,随着科学技术的发展,现代摄影已在生产实践,科学研究和人们的社会活动中占有重要的地位;人们为了将各种物体的形象和物理性能以至人眼难以分辨或者看不见的信息及时记录下来,通常采用“摄影”这一科学的手段。

由于学科的区别,形成了各自的专业摄影,如新闻摄影、电影摄影、工业摄影、显微摄影、X光摄影、航空摄影、航天摄影、侦察摄影、水下摄影、建筑摄影等,它已广泛应用于各个领域,为天文、地理、地质、建筑、建筑工程、金属结构、力学性能、材料学、医学、艺术造型、军事侦察、公安侦破、国土调查、环境监测、地图测绘等生产和科研服务。

摄影学是建立在物理学、化学、机械制造学和电子学等多学科基础上发展起来的,至今已有一百多年的历史。1727年德国人约翰尼斯·舒尔茨(Johannes Schultze)发现了硝酸银(AgNO_3)具有感光的特性;50年后瑞典人谢勒(Scheele)将太阳光照射在涂有氯化银(AgCl)的纸上,发现并观察到紫色光比其它色光更能使氯化银“感光”变黑,但所有这类试验均不能将已感光部分的影像保留下来。1826年法国人约瑟夫·塞福尔·涅普斯(Joseph Nicéphore Niepce)将土沥青溶解于“拉芬得”油后,涂布在石板上,再在涂液面上覆以透明的图案,然后使其在阳光下照射曝光。曝光后,受光照的土沥青起了化学变化而失去溶解性而硬化,未受光照的土沥青没有起什么变化,仍可再用“拉芬得”油溶解掉,从而使形成的“图像”“固定”下来。这个试验便是现代摄影制版法的基础。但由于土沥青感光性能极低,因此这种方法不能推广,更无法应用于实际摄影。1839年法国人雅克·芒代·达盖尔(Jacques Mandé Daguerre)用汞蒸气“显影”碘化银(AgI)干板,使受光照部分在汞蒸气的作用下形成汞合金,并成功地用硫代硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)溶去未受光照部分;同年英国人福克斯·塔尔伯特(Fox Talbot)根据氯化银的感光特性发明了照相,但这些仍不能使其进入实用阶段。

摄影发展的第二阶段是湿板法照相的发明;湿板法照相是将硝酸纤维溶解于酒精和乙醚中形成透明的胶状物质——克洛丁,再加入碘和溴后将其涂布于玻璃上,凝固后浸入硝酸银溶液中,乘其未干(版面保持潮湿)装入摄影柜内进行拍摄,随即进行化学处理,于是版面上便得到了微小金属银所组成的影像。但这种方法只能现制现用,而且又受到工作

条件的限制(必须在暗室中操作),不便于全面推广;由于这种方法所制的版非常有利于印刷,故此法至今仍在印刷制版中被选用。

摄影发展的第三阶段是溴化银(AgBr)干板的发明,它奠定了现代摄影的基础。这种干板是在明胶溶液中加入硝酸银和溴盐以及少量碘盐,使其形成卤化银而均匀分布在明

暗盒中,再将它涂布于玻璃或金属板上,经干燥后,它就成为现代摄影的载体。这种干板是在明胶溶液中加入硝酸银和溴盐以及少量碘盐,使其形成卤化银而均匀分布在明

过单位面积所传送的光通量。单位为坎德拉。(符号 cd)

5. 光照度(A)

表征受照面的明亮程度的量称为光照度,它在数值上等于投射在单位面积上的光通量。对于受照而成为面光源的表面来说,显然其面发光度必正比于其光照度:

$$R = KA \quad (1-1)$$

式中K为小于1的系数,当表面光滑时,称反射系数;当表面粗糙时,称散射系数,它与元表面的特性有关。

光照度的单位为勒克司或辐透。(符号 lx)

表面光照度除与照射的光源发光强度有关外,还与受照面至光源的距离及其照射角度有关(照度定律):

$$A = \frac{I}{r^2} \cos i \quad (1-2)$$

式中r为受照面至光源的距离;i为照射的入射光线与受照面法线的夹角。

6. 光亮度(B)

单位面积的光源表面沿某方向上的发光强度称该光源的光亮度,单位为熙提。(符号 cd/m²)

第三节 光学系统及成像公式

一、光学系统

从几何光学知,由物体发射出的光线射入透镜并经过它的折射以后,便可得到该物体的像。物体构像的质量主要取决于透镜的品质。由于单透镜存在有各种像差,因此摄影镜头都由几个薄透镜组合而成为一个光学系统,以消除或减弱像差。在组成的光学系统中各薄透镜的光轴应重合而成为系统(镜头)的主光轴。物体的投射光线经系统各透镜界面逐次折射后,最终取得折射光线。设

投射光线AB平行于光轴(图1-1)经系统各透镜折射后得到折射光线CD,延长AB和CD相交于点h',过点h'作垂直于光轴的平面H',那么诸平行于光轴的投射光线都可认为在平面H'上发生折射。同理,若投射光线来自系

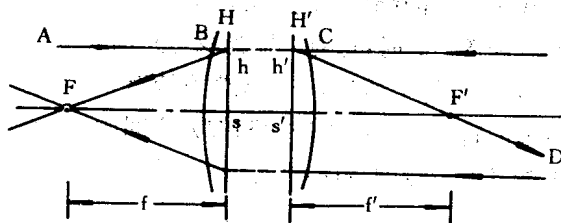


图 1-1

统的另一方射入,经系统各透镜折射后得到折射光线,按前述方法延长相交得到点h和平面H,平面H就相当于系统的另一个折射面。这样,不论系统由多少个透镜组成,我们都可以理解为用平面H和H'来等价透镜作为光线的折射面。以后在研究系统的特性时均用它们来代表。

H和H'将空间分为两部分,物体所处的一方为物方空间,构像所处一方为像方空间,

那么 H 和 H' 相应称为物方主平面和像方主平面；它们与主光轴的交点 S 和 S' 相应地称为物方主点和像方主点。平行于光轴的投射光线经系统折射后，折射线与光轴的交点 F' 称该系统的像方焦点；斜交光轴的投射光线经系统折射后若取得平行于光轴的折射线，则此投射光线与光轴的交点 F 称为该系统的物方焦点。点 S' 至点 F' 的间距和点 S 至点 F 的间距，分别称为系统的像方和物方焦距，并分别记以 f' 和 f ，过像方焦点作垂直于光轴的平面称为焦面。显然平行于光轴的投射光线经系统折射后都会聚于像方焦点 F' 上；无穷远点平行光线的构像应位于焦面内。由物方焦点 F 发出的投射光线经系统折射后得到平行于光轴的折线光线，而在两主平面 H 和 H' 之间的光线途径总是平行于光轴的。

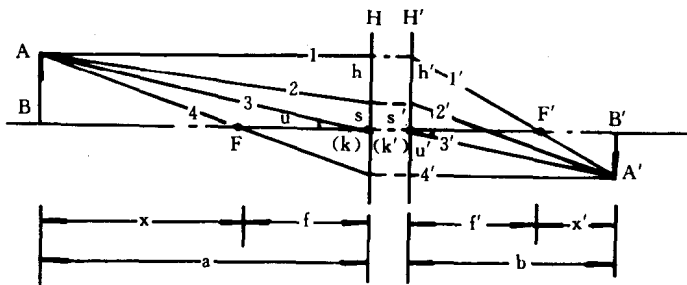


图 1-2

根据上述投射光线的折射原理，由物点 A 发射的诸光线中(图 1-2)，取平行光轴的光线 1，遇物方主平面 H 后仍按原方向前进，到达像方主平面 H' 后折射得成像光线 $1'$ ，它必定是通过像方焦点 F' ；若取过物方焦点 F 的光线 4，遇物方主平面 H 即折为平行于光轴的光线，到像方主平面 H' 时仍按平行光轴的方向得成像光线 $4'$ 。光线 $1'$ 和 $4'$ 的交点 A' 即为物点 A 的构像。若任取光线 2，遇物方主平面 H 后折为平行于光轴方向，遇像方主平面 H' 再次折射为成像光线 $2'$ ，它必通过像点 A' 。我们在所有投射光线和成像光线的光学共轭光线中，总能找到一对共轭光线(如图 1-2 中的光线 3 和 $3'$)，它们与光轴的交角 u 和 u' 恰好相等。此时，这对共轭光线与光轴的一对交点 K 和 K' 分别称为物方(前)节点和像方(后)节点。综上所述，一个光学系统有一对主点，一对焦点和一对节点，它们代表了该光学系统的特征。当物方空间和像方空间所处介质相同时，一对节点与一对主点重合，此时主点就具有节点的特征，即 $\angle u = \angle u'$ ，且 $f = f'$ 。

二、光学系统的成像公式

如图 1-2 所示，设物点 A 到物方主平面 H 的距离为 a ，称为物距；像点 A' 到像方主平面 H' 的距离为 b ，称为像距；光学系统(或透镜组)的焦距为 f ，则由 $\triangle ABS \sim \triangle A'B'S'$ (此时，点 S 和 S' 分别与点 K 和 K' 重合)得

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{S'B'}{SB} = \frac{b}{a}$$

又由 $\triangle h'S'F' \sim \triangle A'B'F'$ 得

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'B'}{h'S'} = \frac{b-f}{f}$$

则

$$\frac{b}{a} = \frac{b-f}{f}$$

或

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (1-3)$$

上式为物点投射光线经光学系统(透镜)取得清晰影像的光学条件公式,或称高斯公式。当取焦点F和F'为物距(x)和像距(x')的计算起点时,则

$$a = x + f, \quad b = x' + f$$

代入(1-3)式整理得

$$xx' = f^2 \quad (1-4)$$

这是光学条件的另一表达形式,称牛顿公式。

由(1-3)式看出,当光学系统(透镜)确定之后,f值则为常数,所以当物距(a)增大时,像距(b)必然减小;物距减小时,像距则相应增大。当物距增加到一个足够大的值时($a = \infty$), $1/a$ 则趋近于零,此时像距等于焦距,即 $b = f$;这时无穷远处物体的投射光线通过光学系统(透镜)后清晰地成像于过像方焦点且垂直于主光轴的焦面上。透镜在摄影板上沿着摄影方向可以前后移动,调整a和b之值,使其一增一减(像平面保持不动),以达到(1-3)式光学条件的要求,这一关系所表达的光学原理就叫做光学系统(透镜)的光学构像原理;摄影过程中完成(1-3)式的工作叫做对光或调焦。

第四节 摄影光化学反应概述

如前所述,光具有一定的能量,当某种物质受到光的照射或者说受到光能的作用之后,该物质会发生某种化学变化,我们通常叫做光化学反应。而银的卤化物的光化学反应最为显著,因此感光片都由银的卤化物制成。

感光片经摄影曝光即接收一定光能作用后,使其在受光能作用的部分产生“潜影”,这种潜影是人们看不见的潜在图像,它能随后被显影而呈现可见的影像。影像是由银原子所构成。由于感光片上各个部分所吸收的光能不同,其光化学反应也不同,因而显影时的化学反应速度也各不一样,这样各部分卤化银还原为银原子的数量就有明显的差别,所以在感光片上的影像就显出有明暗之分。

感光片曝光后所引起的光化学反应,常因卤化银的种类和制造的方法不同使之在同一曝光情况下,其反应的程度也有明显的区别,而每种感光片的这种光化学反应的程度是用“感光度”来衡量的。

第五节 摄影化学处理过程概述

摄影化学处理过程主要包括显影和定影两个部分。

一、显 影

感光片获得潜影之后,经过与化学溶液的反应而得到可见影像的过程叫做显影。这种化学溶液叫显影液;显影液是由多种不同成分的化学剂组合而成的。在显影的化学反应过程中,卤化银获得显影剂中的电子而还原为黑色的金属银,在这个反应中,已经获得潜影的卤化银要比未获得潜影的卤化银其反应速度快得多,因而已受光的卤化银能得到明显的还原效果。

二、定 影

溶解感光片上未被还原的卤化银的化学反应过程叫做定影。经过定影,感光片上只剩下已被还原的黑色金属银(影像)而不再具备光化学反应能力。定影时所使用的化学溶液叫做定影液,它也是由多种不同成分的化学剂组合而成的。

为使影像长期保留,还应进行必要的水洗工作。

显影、定影后所得到的影像,其影像影纹情况与所摄物体明暗情况相反,这类摄影处理的感光片叫做负片,或称底片;其影像称为负像。

负片和相纸(纸基上涂有卤化银)接触贴在一起或将负片上的影像投影于相纸上进行曝光,再经上述负片处理的方法进行显影、定影,即得到黑白影像与被摄物体明亮情况相同的相片,这类相片叫做正片;其影像称为正像。

近年来,三层乳剂彩色摄影的应用和普及,全息摄影、一步摄影、录像摄影等摄影方法的研究和应用,更加丰富了摄影学的内容,增添了它的光彩,也为使在各个领域中的应用开辟了更为广阔的前景。

第二章 摄影机

摄影机是为使被摄物体在感光片上构成清晰影像并进行拍摄的工具。摄影机的种类很多,结构繁简不一,但其构造均由以下五个部件组成,它们是:1. 镜头;2. 光圈;3. 快门;4. 暗箱;5. 检影器。

图 2-1 是摄影机的结构示意图,实际构件并非完全相同,结构上要复杂得多。

第一节 镜头

镜头(也称摄影物镜),如前所述,它是一个由多片薄透镜(一般 2~7 片)组合而成的光学系统,金属(铝合金)筒将其固定并与暗箱紧密连接。镜头是摄影机的关键部件,它的品质优劣,直接影响摄影的成果;而衡量镜头品质的标准,主要由组成镜头的光学系统的特性来决定,它主要包括焦距,相对孔径,景深,像场角,分解力等。本节将对以上特性逐一介绍。

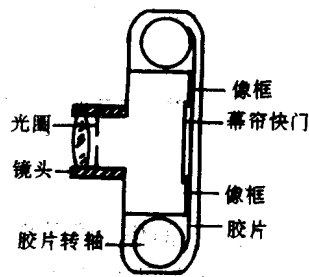


图 2-1

一、镜头的焦距

镜头的焦距是指镜头光学系统的焦距,当组成光学系统的薄透镜(数量以及它们之间的关系)决定之后,该光学系统的焦距就确定了;它的值,都应标注在镜头的框架上,如 $f=35\text{mm}$, $f=50\text{mm}$, ..., 等。

选择摄影机应首先考虑镜头焦距值的大小,因为它不仅影响成像的大小,同时还对景深和像面的照度有直接影响。

设用两个不同焦距的摄影机,在相同的物距上对同一大小的物体进行拍摄,结果所得影像的大小也不相同。如图 2-2 所示,并由(1-3)式分别以不同的焦距代入得:

$$b_1 = \frac{af_1}{a-f_1}$$

$$b_2 = \frac{af_2}{a-f_2}$$

式中 a 为物距; f_1 和 f_2 分别为两个摄影机的焦距,且 $f_2 > f_1$; b_1 和 b_2 为相应焦距 f_1 和 f_2 时的像距。

因为 $f_2 > f_1$, 则 $b_2 > b_1$ 。当设物高(长)为 L 及相应的像高(长)分别为 l_1 和 l_2 时,则 $l_2 > l_1$ 。

即焦距大的摄影机在同一物距下所摄的影像大。像长(高)和物长(高)(在垂直于主光轴方向上)之比称为成像的垂轴(横向)放大率或称像比例尺,用 $1/m$ 表示,即

$$\frac{1}{m} = \frac{1}{L} = \frac{b}{a} \quad (2-1)$$

当 $a = \infty$ 时, $b \approx f$ 则上式可写为

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{a} \quad (2-2)$$

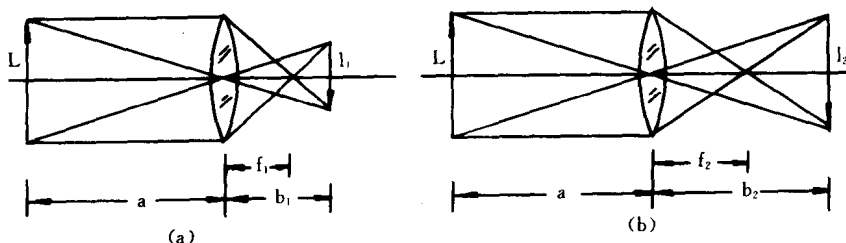


图 2-2

以上所谈及的焦距都是指某镜头确定不变的焦距,这样的镜头称为定焦距镜头。还有一类镜头,其焦距可以连续变化而像面位置保持不动的镜头,那就是常称谓之“变焦距镜头”,由定焦距发展到变焦距,是近年来光学上的一个很重要的成就,它是在现代光学系统中模拟人眼方面(仿生)的重大发展。

由(2-2)式看出,对于一个定焦距镜头来说,要想在像面上得到不同比例尺的像,必须改变被摄物体到镜头间的距离 a ,事实上这也是在一般摄影中通常这样进行的,但是在许多情况下,如摄取一远目标,欲使目标局部获得较大的影像,而又不能缩小物距接近目标;特别是在电影或电视摄影中,为增强某些画面对观众的感受力和提高传递信息的效果,需要不断地,甚至连续不断地,时而急剧,时而均匀缓慢地改变被摄物体在画面上成像的大小,要获得这样的效果,如果单靠定焦距镜头以改变物距的办法显然是办不到的。那么我们只能从改变 f 入手,从而在像面上获得不同像比例尺的效果。

早期的摄影机为了达到此目的,就是在摄影机上配备几个不同焦距的定焦距镜头。由更换镜头的方法来改变 f 值,以解决远距离的拍摄问题,但也只能限于几个焦距,却不能连续任意变化。随着电子计算机的发展和应用,目前已有多种性能良好的变焦距镜头广泛应用于望远摄影、电影、电视摄影和显微摄影等领域以及导弹实验、追迹观察、火箭记录等特殊摄影中。

最简单的变焦距镜头是在一物镜的后方加一个同轴凹透镜组成的光学系统,如图 2-3 所示。

设 L_1 为物镜,当物体的投射光线(平行于主光轴)射入镜头时,若透镜 L_2 不存在,则光线会聚于 L_1 的后方焦点 F'_1 处;若透镜 L_2 存在,并使 L_1 至 L_2 的距离为 d ,则光线经 L_2 的发散作用而向外偏转且会聚于 F' ,而像面正好处在过 F' 的焦平面处,这样,在像面上便可得到物体的清晰影像。当物距改变时,可由变更 d 的值使物体的像都落在过 F' 的像面上,以达到对光的目的。不难看出,这一效果是想象中的—个后方焦点为 F' 的物镜 L 的存在所构成的,其焦距为 f ;我们称 L 为等效透镜;称 F' 为等效后焦点;称 f 为等效焦距。等效焦距可以按以下方法推算:

由图 2-3 知, $\triangle COF' \sim \triangle BO_2F'$

故

$$\frac{f}{x} = \frac{CO}{BO_2}$$

又 $\triangle AO_1F'_1 \sim \triangle BO_2F'_1$

故

$$\frac{f_1}{f_1 - d} = \frac{AO_1}{BO_2} = \frac{CO}{BO_2}$$

得

$$f = \frac{f_1}{f_1 - d} \cdot x \quad (a)$$

由于 F'_1 与 F' 对于 L_2 是共轭关系, 因此可以把 F'_1 看成是 F' 经 L_2 后所构成的虚像, 则 x 相当于物距, $f_1 - d$ 相当于像距, 设 L_2 的焦距为 f_2 , 由高斯公式(凹透镜)有

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{x} - \frac{1}{f_1 - d}$$

整理得

$$x = \frac{f_2(f_1 - d)}{f_1 + f_2 - d} \quad (b)$$

将(b)式代入(a)得

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d} \quad (2-3)$$

(2-3)式是计算简单等效焦距公式。对一个确定了镜头而言, f_1 和 f_2 均为定值, 则系统的 f 仅取决于 d 的值; 当 L_2 沿着主光轴前后移动时, 也就改变了 d 值, 从而可以得到不同的 f 值, 使等效透镜的位置不断改变, 而像面的位置可以保持不动。

应该指出, 由于凹透镜的焦距为负值, 而等效焦距必须为正值, 所以(2-3)式应满足条件: $d > |f_1 + f_2|$ 。

例: 设 $f_1 = 30\text{mm}$, $f_2 = -10\text{mm}$, 欲使等效焦距值达到 $f = 200\text{mm}$ 时, d 应为多大?

解: 由(2-3)式得

$$\begin{aligned} d &= \frac{f(f_1 + f_2) - f_1 f_2}{f} \\ &= \frac{200(30 - 10) - 30 \times (-10)}{200} = 21.5\text{mm} \end{aligned}$$

即 L_2 相对于 L_1 只需移动后像距 21.5mm 时便可使等效焦距达到 200mm。

二、镜头相对孔径和光圈系数

1. 有效孔径

组成光学系统的透镜都有一定孔径, 它们可以限制成像光束的截面; 有些光学系统还特意附加有一定形状的开孔的屏(例如摄影机中的“光圈”), 用以限制成像光束的截面。所有光学系统的边框和开孔屏统称为“光阑”, 它们都起拦光作用。

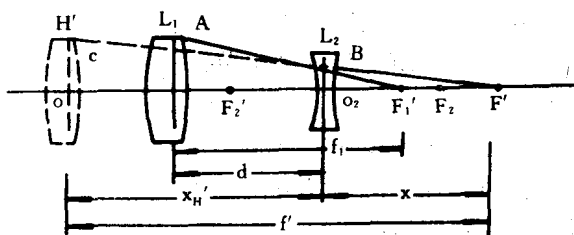


图 2-3

实际光学系统中有许多光阑,能直接限制物空间被成像范围的光阑叫做视场光阑,如图 2-4 中 II;能限制成像光束的光阑叫做孔径光阑,如图 2-4 中 I。

由几何光学知,以孔径光阑 AB 为物(图 2-5),通过在它前面的光学系统并于系统物方空间所成的像 A'B' 叫做系统的入射光瞳。入射光瞳在摄影学中叫做有效光孔,它的直径称为有效孔径,以 D 表示。

摄影镜头的实际孔径光阑是安装在镜筒内的由许多弧形薄金属片按一定排列组合成虹彩式的“光圈”,每块金属片的一端均匀排列固定在镜筒内某一半径的圆周上,另一端与镜头上的活动套筒连接,借助于活动套筒的旋转使金属片绕固定端转动,组成光阑(光圈)的孔径 d 由之增大或缩小,有效孔径也随之改变。(见图 2-6)。

必须指出,在摄影镜头中 $D > d$ 。

2. 相对孔径

摄影镜头的有效孔径与其焦距之比称为相对孔径,记为 D/f ;它的大小决定像面的照度和空间成像的景深。

设某物体的亮度为 B,有效孔径面积为 $\pi \cdot (D/2)^2$,像距为 b 的像面所获得的照度与亮度和像面的面积成正比;与像距的平方成反比:

$$A \propto \pi \cdot \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot B/b^2$$

即

$$A = \frac{\rho \cdot \pi}{4} \left(\frac{D}{f}\right)^2 \cdot B \quad (2-4)$$

式中 ρ 为透光系数,它由具体的光学系统的透光能力来决定。

若物距很大时,像距近似等于焦距,则(2-4)式可写为

$$A = \frac{\rho \cdot \pi}{4} \cdot \left(\frac{D}{f}\right)^2 \cdot B \quad (2-5)$$

即当物体的亮度一定时,像面的照度与相对孔径的平方成正比。

镜头的最大相对孔径一般都刻注在镜头框架上,如 F2.8 或 1:2.8 等,它代表该镜头构成清晰影像的最大透光能力,在一定程度上表达了该镜头的光学质量,其值愈小,即最大相对孔径愈大,光学质量愈高。

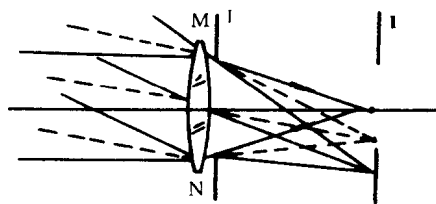


图 2-4

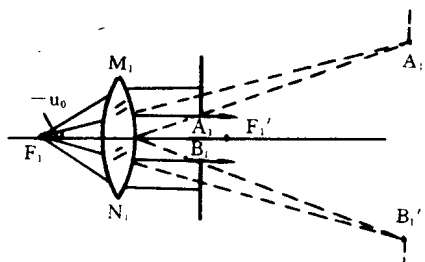


图 2-5

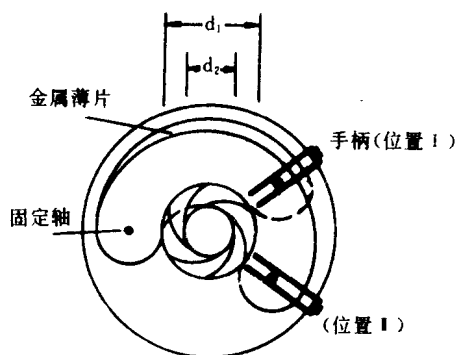


图 2-6

3. 光圈系数

因为摄影时像面(感光片)上所接收到的曝光量 H 等于像面的照度和曝光时间的乘积:

$$H = A \cdot t \quad (2-6)$$

式中 t 为曝光时间。

将(2-5)式代入(2-6)式并整理得:

$$t = \frac{4H}{\rho \cdot \pi \cdot B} \left(\frac{f}{D} \right)^2 \quad (2-7)$$

式中令 $F = \frac{f}{D}$ 称为光圈系数, 俗称“光圈”, 它在数值上等于相对孔径的倒数; (2-7)式可写为

$$t = \frac{4H}{\rho \cdot \pi \cdot B} (F)^2 \quad (2-8)$$

由上看出, 当被摄物体的亮度 B 和曝光量 H 为定值时, 曝光时间 t 与光圈系数的平方 $(F)^2$ 成正比; 为使用方便起见, 国际上和我国都以公比为 $\sqrt{2}$ 将 F /值刻注在镜筒的框架上: 1、1.4、2、2.8、4、5.6、8、11、16、22、32 等。

按照这种刻注方法, 在这组光圈系数中由任意一个 F /值变换到与其相邻的 F /值时, 其曝光时间要增大或缩小二倍; 就像面的照度而言, 前面的一个 F /值的像面照度为后面的一个 F /值照度的二倍。

在同一照度下, 有时为达到某种摄影效果的需要而改变 F /值时, 必须使感光片上获得正确的曝光量, 通常需变更曝光时间, 以使在 F /值变更前后像面上获得的曝光量相等。

由(2-6)式得

$$A_1 \cdot t_1 = A_2 \cdot t_2$$

将不同的 F /值代入(2-5)式后再代入上式

$$\frac{\rho \cdot \pi \cdot B}{4} \left(\frac{1}{F_1} \right)^2 \cdot t_1 = \frac{\rho \cdot \pi \cdot B}{4} \left(\frac{1}{F_2} \right)^2 \cdot t_2$$

即

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{(F_1)^2}{(F_2)^2}$$

例: 设摄影某景物时取 $F = 4$ 时, 则曝光时间 $t = \frac{1}{200}$ 秒, 为使景深增大需变更 $F = 11$ 时, 曝光时间应为多少才能使感光片上受到相同的曝光量?

解: $F_1 = 4, t_1 = \frac{1}{200}$ 秒; $F_2 = 11$, 则

$$t_2 = \frac{(F_2)^2}{(F_1)^2} \cdot t_1 \approx \frac{1}{25} \text{ 秒}$$

即光圈系数由 4 ($t_1 = \frac{1}{200}$ 秒) 变为 11 时, 其曝光时间应变更为 $\frac{1}{25}$ 秒才能使感光片上受到相同的曝光量。

为了便于了解和掌握光圈系数与曝光时间的变化关系, 通常制成相对曝光时间表, 以便于查询。