

● 家电维修职业培训教材 ●

Digital Camera

数码相机

的原理 使用与维修

刘国旗

方师箐

武跃春 / 编著



中国计量出版社

CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

数码相机的原理、使用与维修/刘国旗等编著. —北京:中国计量出版社, 2006. 10

家电维修职业培训教材

ISBN 7 - 5026 - 2529 - 1

I. 数… II. 刘… III. ①数码照相机—理论—技术培训—教材②数码照相机—使用—技术培训—教材③数码照相机—维修—技术培训—教材 IV. TB852.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 122083 号

内 容 提 要

本书内容包括光学影像的形成机理、数码相机的原理与基本知识、数码相机的选购与维护、数码相机的故障分析与检修、维修工具与修理技巧等。为了给已经具备电子技术基础的读者增加一些光学摄影方面的知识,本书增加了一些传统摄影技术的介绍,并注意了传统相机维修技术与数码相机技术的知识衔接。各章末备有适量的思考题,以方便读者自行检查学习的效果。本书适合于作为家电维修职业培训、电子技术职业教育的教材,也可供广大数码相机爱好者自学参考。

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲 2 号

邮政编码 100013

电话(010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 11.25 字数 255 千字

2006 年 10 月第 1 版 2006 年 10 月第 1 次印刷

*

印数 1—3 000 定价: 25.00 元

前 言

随着数字化浪潮席卷全球,数字化的电子电器设备正在走进越来越多的普通百姓家庭。性能越来越高、价格越来越低是数字化电子产品发展的主要特色,数码相机就是其中一个引人注目瞩目的代表性产品。回顾 10 年前数码相机步入中国市场之初,代表当时高端产品的数码相机分辨率为 50 万像素,售价将近 10000 元,这在当时只有个别专业摄影棚和证件照相点拥有。过了 5 年后,市场上主流数码相机的分辨率是 300 万像素,价格是 5000 多元。而现在,2000 多元就可以买到高达 1000 万像素的数码相机,并且这种发展势头仍然在继续着。同时,数码相机与其他数字电子产品正在加快融合,把相机与手机结合的可拍照手机就是其中的一个典型。可以预料,今后还会不断地出现功能更加丰富、体积更加小巧、性价比更高的产品。

数字化浪潮发展如此之快,直接形成了相应的数字化电器维修技术人员短缺的局面。以数码相机为例,最近几年市场上数码相机的年销售量都在数百万台,而高等院校包括职业技术学院几乎没有相应的技术专业,数码技术人员培训远远跟不上数字化浪潮的发展速度。在此情况下,中国计量出版社组织有关人员编写了这本有关数码相机方面的技术入门书,为有志于进入和正在进入数码电器技术领域的人员提供一些帮助。

本书内容包括光学影像的形成机理、数码相机的基本知识、数码相机的选购和维护、数码相机故障分析与检修、维修工具与修理技巧等。为了给已经具备电子技术基础的读者增加一些光学摄影方面的知识,本书增加了一些传统摄影技术的介绍,并注意了传统相机维修技术与数码相机技术的知识衔接。各章末备有适量的思考题,以方便读者自行检查学习的效果。

本书适合于作为家电维修职业及电子技术职业教育的培训教材,也可供广大数码相机爱好者自学参考。

参加本书编写的有刘国旗、方师菁、武跃春等同志,段丹、宁静、郝景超为本书绘制了部分插图。在本书的编著过程中,始终得到郑州电子信息职业技术学院教务处的的大力支持与帮助,谨在此表示由衷的感谢。尽管作者做了最大努力,但是由于时间关系以及编者的水平所限,书中仍然可能存在着一些缺陷和谬误,恳望读者不吝批评指正。

作者

2006 年 8 月

目 录

第一章 光学影像的形成机理	(1)
1 成像技术基础	(1)
1.1 相机的发展历程	(1)
1.2 成像的基本原理	(2)
1.3 透镜	(3)
1.4 透镜的焦点、节点和主点	(4)
1.5 透镜的光行差(像差)	(6)
1.6 透镜镀膜	(7)
2 镜头及其成像的技术特点	(8)
2.1 焦距与视角的关系	(8)
2.2 相对孔径与光阑	(10)
2.3 镜头的鉴别率	(13)
2.4 摄影镜头的像差与像差的校正	(14)
2.5 镜头结构	(14)
附录: 摄影镜头和照相机译名对照表	(17)
思考题	(18)
第二章 数码相机的基本知识	(19)
1 数码相机的工作原理	(19)
2 数码相机的构成	(20)
2.1 数码相机的镜头组件	(21)
2.2 数码相机的取景系统	(22)
2.3 图像的输出显示	(23)
2.4 闪光灯	(26)
2.5 数码相机的光圈与快门	(28)
2.6 图像的传感接收	(30)
2.7 A/D(模/数)转换器	(35)
2.8 数字信号处理器	(38)
2.9 图像存储介质的选择	(39)

2.10	图像输出系统	(42)
2.11	电源系统	(44)
3	数码相机的主要性能指标	(46)
3.1	数码相机的分辨率	(46)
3.2	数码相机的色彩深度	(47)
3.3	相当感光度	(47)
3.4	存储能力	(48)
3.5	拍摄间隔和连拍速度	(48)
3.6	白平衡调整	(49)
3.7	曝光模式	(50)
3.8	场景模式	(51)
3.9	测光方式	(52)
3.10	曝光补偿	(53)
3.11	录音功能	(54)
3.12	测光方式	(55)
3.13	遥控功能	(56)
3.14	对焦方式	(56)
3.15	数码影像常用的存储格式	(57)
3.16	RAW 图像文件格式	(58)
3.17	数码相机的输出方式	(61)
3.18	数码相机产品类型	(61)
3.19	DC 与 DV 的区别	(64)
4	数码相机与电脑连接方法	(65)
4.1	数码相机与台式电脑连接方法	(65)
4.2	数码相机与笔记本电脑的连接方法	(68)
5	Adobe PhotoShop 的使用	(68)
5.1	PhotoShop 的基本操作	(69)
5.2	深入了解 PhotoShop	(78)
5.3	PhotoShop 的特殊功能	(83)
5.4	PhotoShop 的实用窍门	(86)
6	跟我学制作	(88)
6.1	如何制作艺术像框	(88)
6.2	绘作逼真的蕃茄	(90)
6.3	PhotoShop 给照片换背景	(99)
	思考题	(101)

第三章 数码相机的选购和维护	(102)
1 数码相机与传统相机的区别	(102)
1.1 感光介质不同	(102)
1.2 影像存储介质不同	(102)
1.3 影像鉴定方式不同	(102)
1.4 输入输出方式不同	(102)
1.5 影像质量不同	(103)
1.6 数码影像可以再加工	(103)
1.7 耗电量不同	(103)
1.8 数码相机有多种预置模式	(103)
1.9 制作工艺不同	(103)
1.10 拍摄效果不同	(104)
2 如何选购数码相机	(104)
2.1 选好数码镜头	(104)
2.2 变焦镜头、定焦镜头和广焦镜头	(106)
2.3 选好感光成像部件	(107)
2.4 CCD 与 CMOS	(109)
2.5 分辨率与像素数	(111)
2.6 选好存储介质	(112)
2.7 数码相机的拍摄功能	(113)
2.8 选好数码相机的细微处	(115)
2.9 怎样选购三脚架	(116)
2.10 怎样辨别水货数码相机	(116)
2.11 售后服务	(117)
2.12 对镜头的认识	(117)
3 数码相机的日常维护和保养	(120)
3.1 数码相机镜头的保养	(120)
3.2 数码相机存储卡的保养	(121)
3.3 存储卡的格式化处理	(121)
3.4 数码相机电池的保养	(121)
3.5 数码相机使用前应了解的事项	(122)
3.6 数码相机拍摄过程中应注意的问题	(123)
3.7 锂离子电池及其电源管理	(125)
3.8 数码相机的存放	(128)

4 数码相机的未来	(129)
思考题	(133)
第四章 数码相机故障分析与检修	(134)
1 充电电池常见的故障及原因	(134)
1.1 镍氢电池使用应注意的问题	(135)
1.2 锂离子电池使用应注意的问题	(135)
1.3 绝缘皮破损的充电电池容易造成的故障	(136)
2 变焦镜头的常见故障	(136)
2.1 变焦镜头受外力损伤的故障	(137)
2.2 螺钉松动使变焦镜头出现故障	(137)
2.3 防止螺纹的磨损	(137)
2.4 变焦镜头焦距调整的方法	(138)
3 数码相机 LCD 显示屏划痕处理	(138)
4 数码相机的坏点与噪点	(138)
4.1 坏点与噪点的影响	(138)
4.2 噪点产生的原因	(139)
5 数码相机的常见故障及维修一览表	(140)
思考题	(147)
第五章 维修工具与修理技巧	(148)
1 常用的工具	(148)
2 要配备的辅料及一般清洁处理	(149)
2.1 光学透镜的清洁处理	(150)
2.2 机械部件的清洁处理	(150)
3 万用表的使用	(150)
3.1 万用表的工作原理	(151)
3.2 万用表的使用	(151)
3.3 数字式万用表	(152)
4 拆装照相机需要注意的问题	(155)
5 故障常见的原因与检修的顺序	(155)
5.1 故障常见原因	(155)
5.2 检修的顺序	(156)
6 镜头常见故障及维修	(156)
思考题	(159)
附录 1 照相机常见图案注解	(160)
附录 2 数码相机技术英汉词汇对照表	(165)

第一章

光学影像的形成机理

随着数码时代的到来，照相技术的发展极为迅速。数码化带动了相机价格的逐步降低，也推动了照相技术的发展和照相机的普及。数码相机是在传统相机的基础上发展起来的，其最基础的原理仍然离不开光学成像技术。为了让读者了解照相机的基础知识，本章首先简要回顾一下照相机的发展历程，然后介绍照相机中的光学影像形成机理。

1 成像技术基础

成像，就是在通过光学器件在照相机内形成图像的过程。远在照相机发明之前很久，人们就注意到了自然界光学成像的一些规律。

1.1 相机的发展历程

以下是在相机的发展历史中，具有里程碑式意义的事件。

针孔成像 早在三千多年前，我国历史上的科学家就对针孔成像有所认识，并能较准确地解释其原理。例如，战国时期所著的《墨经》中就有小孔成像的技术：“景到，在午有端；与景长，说在端”。“光之人煦若射，下者之人也高，高者之人也下，足蔽下光，故成景于上，首蔽上光，故成景于下。在远近有端与于光，故景库内也”。这个论述比较明确地解释了影子之所以倒过来，是因为光线在小孔交汇成光束而形成的。到了1558年，波尔塔在所著的《自然魔术》一书中，就推荐小孔暗箱可以当作绘画工具使用。

照相机的诞生 1820年~1840年间尼卜瑟（J. W. Niepce, 1765~1833）、达格瑞（L. J. M. Daguerre, 1789~1851）、塔尔伯特（W. H. F. Talbot, 1800~1877），他们各自都想运用当时所掌握的科学方法把透景折射出的影像永久固定下来。他们先后发明了日光胶版法（Heliography）、银版照相机法（Daguerreotype）和湿式负性碘化银相纸照相机法（Calotype）。其中1839年法国人达格瑞发明的银版照相机并用它的银版和英国人乌拉斯顿发明的新月形透镜制成了世界上第一台使用透镜和感光材料的木制照相机以来，至今已有160多年。

湿板照相 1851年英国人斯考特(F. Scott Archer)发明了具有代表性的珂罗酊湿板照相法。

干板照相 在珂罗酊湿板法发明后约20年,1871年英国医生劳瓦尔特·理希·马道科斯创制了明胶干板法。

照相软片 1884年美国伊士曼干板公司发明了以纸为载体的负性相纸,同年经改进,发表了剥离式纸底片,称“伊士曼美制软片”。1889年柯达公司最早推出采用柔软的硝酸纤维做片基的照相软片——胶片。照相软片的进步也极大的推动了照相机的的发展,它促进了照相机的小型化、轻便化。

中小型照相机 世界上最早使用软片的照相机是1888年美国伊士曼公司生产的,采用剥离式纸底片“伊士曼美制软片”的柯达(Kodak)方箱照相机。1890年美国柯达公司推出了使用6cm胶片的布劳尼(Brownin)照相机,它是120照相机的原型。到了20世纪30年代,120照相机发展到了鼎盛时期。

1924年德国莱茨(Leitz)工厂生产了使用35mm电影胶片的莱卡(Leica)照相机,它是35mm照相机(或称135照相机)的原始型。20世纪70年代是35mm照相机的全盛时期。

拍立得照相机 1947年2月21日美国郎德博士(E. H. Land)发表了拍摄后能立即得到照片的新型照相方式,翌年11月28日由美国宝丽来(Polaroid)公司最早生产了采用这种方式的拍立得照相机。由于没有底片,只能得到一张照片是它的缺点。

插盒式装片照相机 1963年美国柯达公司在摄影电影展览会展出了画面为26mm×26mm插入式快速装片照相机。它使用插入式暗盒,不需要倒片,是初学者也能很容易换片的小型照相机。1972年10月柯达公司推出的画面为13mm×17mm的110型袖珍插盒式快速装片照相机,使照相机小型化得到了进一步的发展。

磁录照相机 1981年,日本索尼公司开发了具有创新性的不需银盐感光材料的,在超小型磁盘上结集CCD(电荷耦合器件)至IC(集成电路)技术的磁录照相机。它是由照相机、磁盘和看片器三部分组成。它为现代数码相机的发展奠定了基础。

自拍胶片 1986年日本富士胶片株式会社推出的胶片与照相机一体化的新产品,即一次性照相机,它是带有照相镜头的胶片,可直接用于拍摄,特点是不需带照相机和更换胶片。

先进摄影系统照相机 20世纪90年代全世界的摄影者习惯使用的135、120型胶卷及其照相机发生了一次革命。由柯达、富士、尼康、美能达和京磁五大摄影器材公司研制的“先进摄影系统”(Advanced Photo System)简称APS照相机和APS胶卷登陆市场。APS系统最引人注目的特色是APS胶卷利用特有的磁性涂层,不仅能记录多种信息,还能与多种设备交流、转换、修改这些信息,形成一个微型摄影数据库。

1.2 成像的基本原理

提起光学成像的原理,我们就要首先从针孔成像说起。我们都知道,在光线下我们所看到的物体,是物体反射的无数个光点所组成的。在针孔成像中,这些光点通过小孔,投射在背后的白色屏幕上,就形成了物体的影像。

由于光线是直线传播,因此,景物上部所反映的光点,通过暗箱的针孔,并在屏幕的下部成影,景物下部所反映的光点,通过暗箱的针孔,则在屏幕上部成影。同样的道理,左边

的光点成影于右，右边的光点成影于左。这样，景物所反映的这些光点，通过针孔，在屏幕上就结成左右相反、上下倒置的景物影像了，如图 1-1 所示。

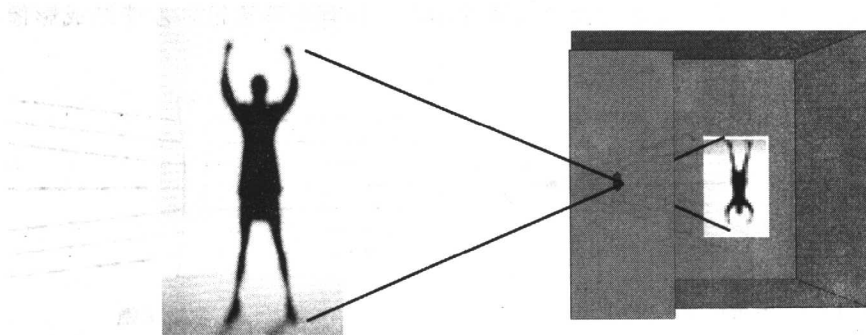


图 1-1 针孔成像

实际上从景物上反射的每一个光点，都是一个极为窄小的光束。这些光束是散发性的，我们称之为光锥。景物所反映的小光点为光锥的尖端，由于光束成散发性的缘故，通过投影中心（针孔）反映到暗箱的屏幕上，并不是光点，而是一片光斑。所以，在屏幕上所结成的物体影像，实际上是由无数光斑相交叠而组成的。光斑的大小，取决于针孔的大小和景物发光点与针孔之间、针孔与屏幕之间的距离而定。针孔愈大，发光点与针孔之间的距离愈近，以及屏幕与针孔之间的距离愈远，所得光斑愈大，反之，光斑则愈小。

针孔的大小，又决定了影像的清晰程度和影像的明暗程度。针孔愈大，影像明亮，但光斑也大，影像就愈模糊；反之，针孔愈小，影像较暗，光斑也小，影像就清晰，但针孔的尺寸缩小到某个极限时，影像的质量反而会变得更加糟糕。这是因为产生了一种称为衍射的光学现象。如图 1-2 所示。

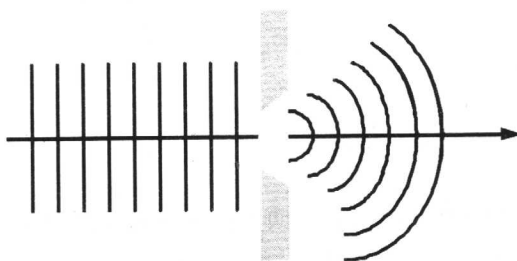


图 1-2 衍射

因此就形成了矛盾，要使影像明亮清晰，针孔必须开大，而针孔开的太大，又不能结成清晰的影像。同时，针孔也不能开的太小，如果开的过小，不仅影像亮度减弱，而且还会发生光的衍射作用，同样不能结成清晰的影像。

由于上述针孔成像的特点，人们不得不根据它的成像原理，来逐渐发展透镜成像了。尽管如此，针孔成像暗箱，仍不失为现代照相机的始祖。

1.3 透镜

透镜是镜头的基本光学元件之一，透镜主要分为会聚透镜和发散透镜两种。光学组件

中，镜片中间比边缘厚的，为会聚透镜。会聚透镜能使平行的光束通过时，会聚于一点，因此，又称其为正透镜，或凸透镜。它是成像的主要因素。任何镜头，无论用多少会聚、发散程度不同的透镜组成，其结果还是起着会聚透镜的作用，只有会聚透镜，才能结成影像，如图 1-3 所示。

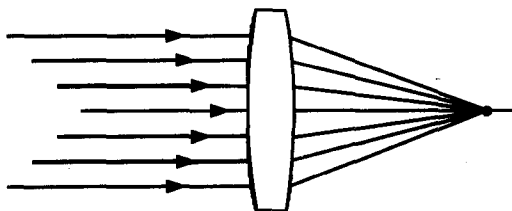


图 1-3 会聚透镜

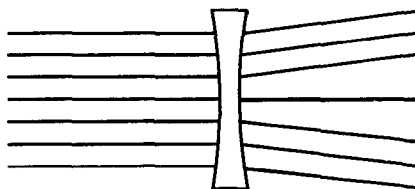


图 1-4 发散透镜

在光学组件中，镜片的中间比边缘薄的，为发散透镜。发散透镜能使平行的光束通过时，向外发散，所以又称其为凹透镜，如图 1-4 所示。单独使用发散透镜，是不能成影的。它在复式镜头组合中的主要作用，仅仅是起到校正各种像差的缺点，使镜头更为完美精确。

透镜的形状可分为对称式双凸透镜、不对称式双凸透镜、平凸透镜、凸凹透镜、对称式双凹透镜、不对称式双凹透镜、凹平透镜、凹凸透镜等多种。图 1-5、图 1-6 分别是会聚透镜和发散透镜的几种类型。是常见的会聚透镜和发散透镜的几种类型。

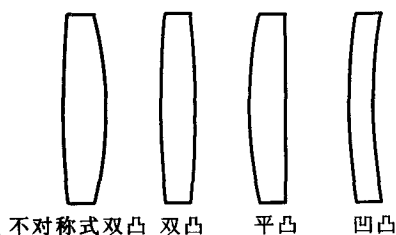


图 1-5 会聚透镜

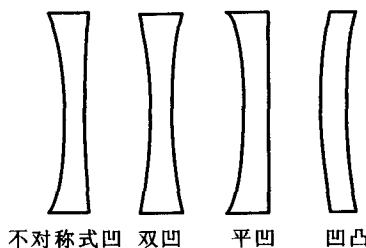


图 1-6 发散透镜

1.4 透镜的焦点、节点和主点

每个透镜都有两个曲率半径（平凸和平凹透镜其平面的曲率半径是无限大的）和两个球心。两个球心的连线我们称其为透镜主轴。

自物方无限远处发出一束与透镜主轴平行的光线，经过透镜折射后，光线会聚于该透镜主轴上某一点处，则该点即为透镜像方焦点。同理，反方向的会聚点称为物方焦点。物方焦点和像方焦点统称为焦点。通过焦点且与主光轴垂直的平面，我们称为焦平面。

透镜在成像时，有一个特殊点：自景物发出的光线中，凡是射向透镜主轴上该点的光线，经折射后，均沿与入射光线平行的方向射出。这一特殊点称为物方节点。凡是射向物方节点的光线，经透镜折射后，所有的出射光线均好像来自于该透镜主轴上的另一点，此点称为像方节点。它们实际上是透镜在成像时，角放大率为正 1 的一对共轭点。

在透镜成像时，还有一对特殊的面，它与透镜主轴垂直，且垂轴放大率为正 1 的一对共轭平面，称为主平面。其中位于物方空间的称为物方主平面，位于像方空间的称为像方主平面。物方主平面和像方主平面各自与主轴的交点，分别称为物方主点和像方主点。物方主点

和像方主点统称为主点。当透镜位于空气介质之中时，物方主点刚好位于物方节点处，像方主点刚好位于像方节点处，他们彼此完全重合。

由透镜物方主点至物方焦点间的距离，称为该透镜的物方焦距。自透镜像方主点至像方焦点间的距离，称为透镜的像方焦距。物方焦距和像方焦距统称为焦距。

自物方发出的一束与透镜主轴平行的光线，进入透镜，经透镜折射后，射向该透镜的像方焦点，延长的入射线和反方向延长的出射线，会相交于一点，通过该点作垂直于透镜主轴的平面，此平面即透镜像方主平面，它与主轴相交于该透镜的像方主点。为便于分析和作图，一般假设：物方发出的与透镜主轴平行的光线，在进入透镜后，仍沿原方向前进，直至像方主平面处，才发生折射，并射向像方焦点。同理，自物方发出的一束通过透镜物方焦点的光线，经过透镜折射后，出射线平行于主轴，延长的入射线和反方向延长的出射线，也必相交于一点，通过该点作垂直于透镜主轴的平面，此平面即透镜的物方主平面，它与主轴相交于该透镜的物方主点。因此可以认为：自物方空间发出的过物方焦点的光线，在进入透镜后，仍沿原方向继续前进，直至物方主平面处，才发生折射，并沿与主轴平行的方向，一直向像方空间射出。

当透镜位于空气介质之中时，主点与节点是完全重合的，因此，自物方射向物方主点的光线，经折射后，从像方主点沿与入射光线平行的方向，向像方空间射去。

为了更好的认识透镜成像的特点，我们可以通过作图的方式，直观了解几何光学中的物像关系。图 1-7 就是几何光学中的物像关系，BA 代表物方，A'B' 是物方经过透镜折射后形成的清晰影像，F 是物方焦点，F' 是像方焦点。自物方 B 点发出的平行于透镜主轴的光线，从 P 点进入透镜，由 P' 点射向透镜的像方焦点 F'，若将 BP 和 F'P' 分别延长，它们相交于 Q' 点。过 Q' 点作垂直于透镜主轴的平面，此平面即该透镜的像方主平面，它与透镜主轴相交于 H' 点，H' 点就是该透镜的像方主点。同理，由 B' 点发出的与透镜主轴平行的光线，从 U' 点进入透镜，于 U 点射向透镜的物方焦点 F，同样将 FU 和 B'U' 分别延长，两者相交于 V 点。过 V 点作垂直于主轴的平面即是物方主平面，物方主平面与主轴相交于该透镜的物方主点 H。如图中所示，自被摄物平面到透镜物方主平面间的距离 l ，称为物距；由透镜像方

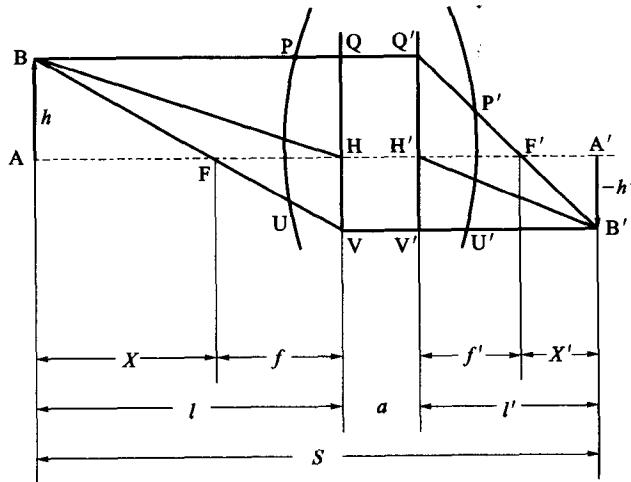


图 1-7 几何光学中的物像关系

主平面至清晰影像平面间的距离 l' ，称为像距。从物方焦平面到被摄物平面间的距离 X ，称为物距；从像方焦平面到清晰影像平面间的距离 X' ，称为像距。由透镜物方主点至物方焦点间的距离 f ，称为该透镜的物方焦距；自透镜像方主点到像方焦点间的距离 f' ，称为该透镜的像方焦距。

1.5 透镜的光行差（像差）

光行差（像差）是指成像误差。由于透镜在制造中的原料、曲率、厚度、结构以及光谱中的颜色和波长不同等各种原因，光线在进入透镜之后，其行程有所改变。因此，在结成平面影像时，造成许多错误，有的影像中间清楚，四边模糊，有的直线不直，横线弯曲，有的影像甚至色彩不均，任何摄影镜头都存在程度不同的成像误差——像差。在实际拍摄中，除畸变以外，其余的像差均可以用缩小光阑的办法进行拍摄来加以纠正。常见像差有以下几种：

1.5.1 色散像差

一束白光经透镜折射后，组成该束白光的红、橙、黄、绿、青、蓝、紫等各色光，不能汇聚于同一点，而是结成一彩色像斑的成像误差，称为色散像差。色散像差，它主要是由于各色光的波长与传播速度不同，通过透镜后产生的折射程度不一致造成的。如图 1-8 所示。

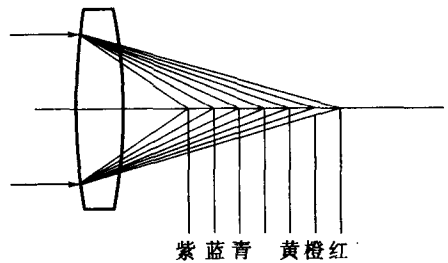


图 1-8 色散像差

1.5.2 像散

位于主轴外的某一物点，向透镜发出的斜射单色圆锥形光束，经透镜折射后不能形成一个清晰像点，而只能结成一弥散光斑。如图 1-9 所示。图中从主轴外的某一物点 P 点发出一束斜射光束用虚线表示，经透镜折射时的边界假定位于透镜的 A、B、C、D 四点。由于斜射造成的折射角度差异，各点折射出的光线在透镜右侧像方焦点附近不能汇集，造成了一个弥散的光斑。这就是像散。

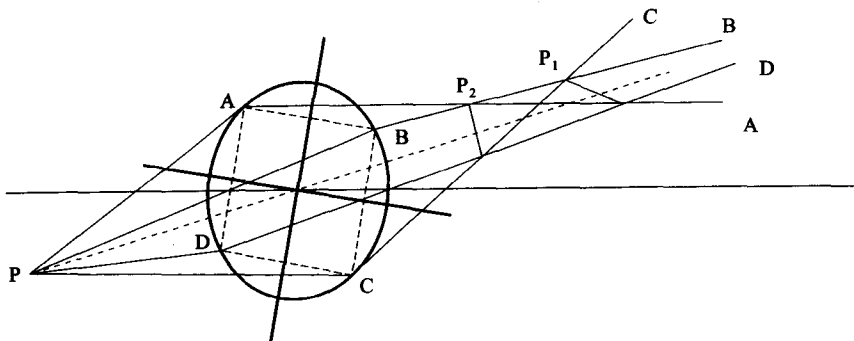


图 1-9 像散现象

1.5.3 彗差

从位于主轴外的某一物点，向透镜发出的单色圆锥形光束，经过透镜折射后，如果在理想像平面处不能结成清晰像点，而是结成拖着明亮尾巴的彗星形光斑，那么此透镜的成像误差称为彗差。如图 1-10 所示。

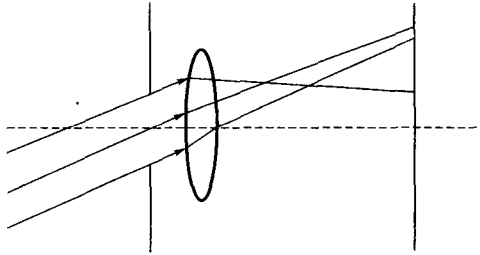


图 1-10 彗差

1.5.4 球面像差

由主轴上某一物点向透镜发出的单色圆锥形光束，通过透镜折射后，如果原光束不同孔径的各光线，不能交于主轴上的同一位置，以至在主轴上的理想像平面处，形成一弥散光斑，那么此透镜的成像误差称为球差。如图 1-11 所示。

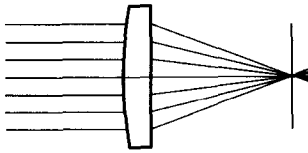


图 1-11 球面像差

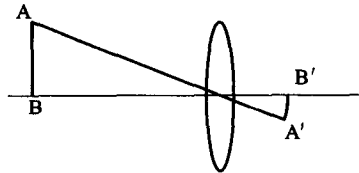


图 1-12 场曲

1.5.5 像场弯曲

垂直于主轴的平面物体，经过透镜成像后形成的清晰影像，若不在一垂直于主轴的像平面内，而在以一主轴为对称的弯曲表面上，也就是说最佳像面为一曲面，则此透镜的成像误差称为像场弯曲。如图 1-12 所示。

1.5.6 畸变

、被射物平面内的主轴外直线，经过透镜成像后变为曲线，那么此透镜的成像误差称为畸变。畸变像差只影响影像的几何形状，而并不影响影像的清晰程度。如图 1-13 所示为畸变现象示意，上图的畸变称为桶形畸变（又称负畸变），下图的畸变称为枕形畸变（又称正畸变）。

1.6 透镜镀膜

当光从空气射入玻璃时，不论镜面如何光洁，玻璃质量如何透明，总有一部分光被表面

反射出去。对于一般玻璃，反射光的比率大概是入射光的 5%，决定这个反射量的是玻璃的折射率。通用的组元数量最大的透镜中，光可能损失 35%~45%。同时有一部分被反射回来的光线在组元面之间来回反射，最后作为漫射光（眩光）全部散射到影像平面上。射入未镀膜镜头玻璃面的光线，光线在空气—玻璃界面都会遭受一部分光量的损失（反射）。经过来回几次反射后，部分光线最终将作为漫射光射入相机暗箱，损害影像的反差和清晰度。上述现象可以通过镜面镀膜予以纠正。如果镜面覆盖了一层恰好是光波四分之一厚度的透明镀膜层，那么，同样一束光波投射到有镀膜层的镜片上，在直接射到镀膜层的光波，和从镀膜至玻璃交接面反射过来，再从反面透过此镀膜层的光波。这两种光波之间，有二分之一光波的相位差。就是说直射光波和反射光波处于相反的方向传播，其结果，产生了光波干涉，这样光的干涉现象将消除或减弱透镜表面的反光，使漫射光大为减少，从而得以改善了影像质量。玻璃面多层镀膜技术的采用，透镜的透明度有可能在很大程度上获得改进。如图 1-14 为透镜未镀膜、单层镀膜、三层镀膜时的透过率曲线对比。由图可见，多层镀膜确实可以大大减少玻璃透镜的反射率。

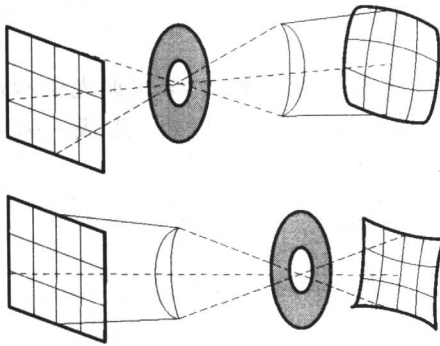


图 1-13 畸变现象

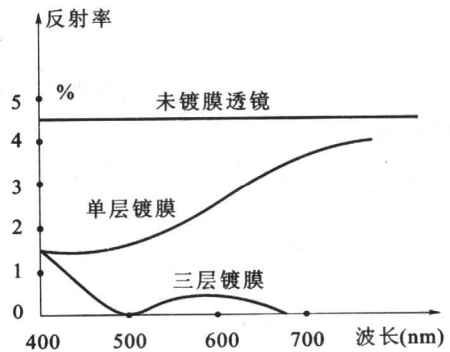


图 1-14 透镜未镀膜、单层镀膜、三层镀膜时透过率对比

2 镜头及其成像的技术特点

2.1 焦距与视角的关系

2.1.1 渐晕现象

斜射光束情况下，镜框起了入射窗的作用。入射窗不与被射景物的物平面相重合，对所成的像就会产生所谓的渐晕现象。渐晕现象就是物表面各点所发出的射向入瞳的光束。随着物点偏离光轴夹角的增大，被入射窗挡掉的光束部分增大，即轴外物点的实际成像光束截面将小于轴上物点的成像光束截面，从而使像平面上出现像场边缘照度比中心照度明显减弱的现象。

就一个摄影镜头来看，限制这个镜头成像范围的是镜头框本身，镜框遮拦掉一部分渐晕现象的存在，增加了像面照度的不均匀程度，在严重的情况下，甚至会出现视场中央已经曝光过度，而视场边缘还感曝光不足的现象。

2.1.2 视角

在照相机中必须设法弃去有渐晕部分的视场。当摄影镜头对无限远调焦并把光圈开至最大时，该摄影镜头所能呈现出的影像均位于一圆形面积之内，此有影像的圆形面积称为该摄影镜头的最大像场。在该最大像场范围的中心部位，有一能使无限远景物结成清晰影像的区域，称为清晰像场。如图 1-15 所示，以主轴为中心，直径为 D 的区域内。照相机的曝光窗应为位于清晰像场的区域内，而曝光窗所在区域，称为有效像场。

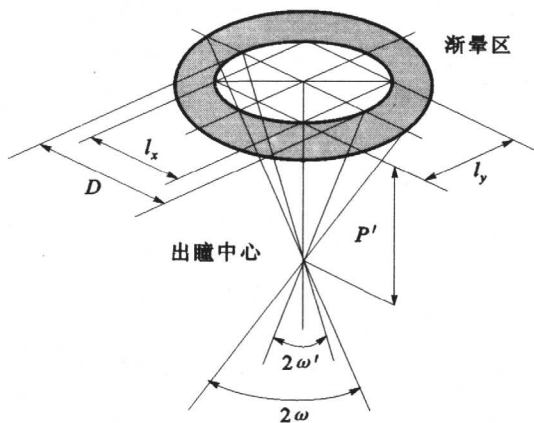


图 1-15 无渐晕的最大像场角

当摄影镜头对无限远调焦时，该摄影镜头在照相机内的胶片上，所能清晰拍摄下来的景物范围，称为该摄影镜头的有效视场。过主轴的平面与该有效视场边缘交于两点，此两点与摄影镜头物方节点的夹角，称为此摄影镜头的有效视场角，简称视角。它在摄影镜头像方的共轭角，即底片画幅对角线与像方节点的夹角，叫像场角。在图 1-15 中用 $2\omega'$ 表示像场角。设底片画幅的对角线长度为 L ，已知底片的宽为 l_x ，底片的长为 l_y ， f 是镜头焦距。图中

$$L = \sqrt{l_x^2 + l_y^2}$$

因此有
$$\omega' = \arctg \frac{L}{2f'}$$

由上述公式可知，摄影镜头的焦距，直接影响摄影镜头视场角的大小。如图 1-16 所示，当相片的画幅一定时，镜头焦距愈长，能摄取的景物范围就愈小。

长度大约等于摄影画面画幅对角线长度的焦距被认为是“标准”的，因此具有这类焦距的镜头常被选为照相机的标准镜头。表 1-1 是传统相机的几组典型焦距值。

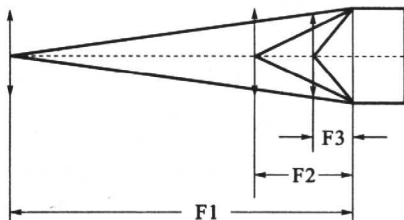


图 1-16 焦距与像角的关系

表 1-1 几组典型的焦距值

相机	焦距
35mm 胶片照相机 (24mm×36mm)	38~50mm
6cm×7cm 卷片照相机	80~105mm
4 英寸×5 英寸散页片照相机	150~180mm

注：英寸为非法定计量单位，1 英寸=2.54cm。

上述几组照相机均可得到大约 45°的视角。通常将 45°角定为标准视角，这是因为通过装有标准镜头的单镜头反光照相机进行观察，在标准镜头成像和画幅尺寸所确定的区域里，不同距离处景物的相对尺寸与人眼直接观察到的相对尺寸基本上是一致的。上述标准镜头在拍摄相同距离的被摄体时，场景的容量几乎是相同的。图 1-17 所示摄影镜头焦距与视角间的关系。

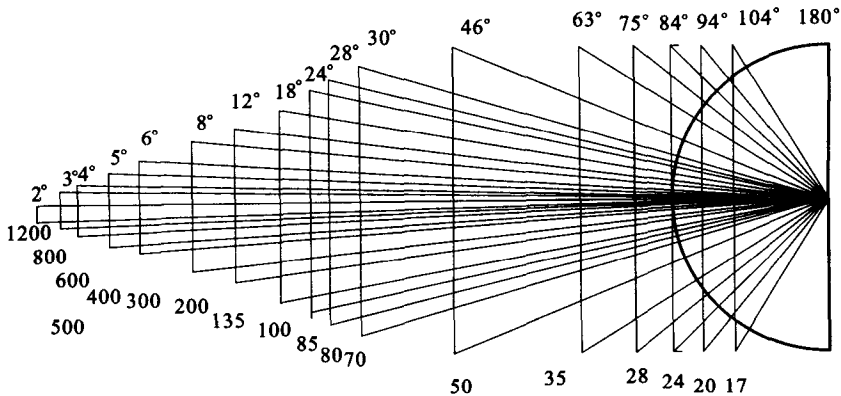


图 1-17 焦距与视角的关系

2.2 相对孔径与光阑

2.2.1 相对孔径

摄影镜头的相对孔径是入射光瞳直径 D 与镜头的焦距 f' 之比。即

$$\text{相对孔径} = D/f'$$

如果物镜的入射光瞳不是圆形或者是中心遮挡的情况，可以用具有相同面积的等效圆的孔径，来代替入射光瞳直径进行计算。这个等效圆孔也被叫做有效光阑，有效光阑的直径即有效孔径。如调节摄影镜头的光圈，使光孔开至最大位置时的相对孔径，即最大入射光瞳直径与该镜头焦距的比值，称为该摄影镜头的最大相对孔径。摄影镜头的最大相对孔径一般标示在该摄影镜头的前镜片压圈上，或镜筒外圆周上，并与焦距值标示在一起。如图 1-18 所示，将镜头光圈上的光孔开至最大，可获得最大入射光瞳直径。