



现代



Phenix 凤凰

照相镜头

包学诚 吴启海 编著



中国摄影出版社

现代照相机镜头

包学诚 吴启海 编著

中国摄影出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代照相镜头/包学诚, 吴启海编著. —北京: 中国摄影出版社, 2001.6

ISBN 7-80007-440-4

I. 现... II. ①包... ②吴... III. 摄影镜头
IV. TB851

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 15821 号

责任编辑 陈瑾

出版发行 中国摄影出版社
社 址 北京东单红星胡同 61 号 100005
发行部电话 (010) 65136125
经 销 全国各地新华书店
印 刷 北京艺辉印刷有限公司
规 格 大 32 开本 9.75 印张 260 千字
版 次 2002 年 10 月第 1 版第 1 次印刷
印 数 1 - 5000 册
书 号 ISBN 7-80007-440-4/J·440
定 价 23.00 元

内容简介

本书主要论述照相镜头的基本特性、各种照相镜头的结构原理和应用，以及照相镜头的选择和保养等，并汇集了目前世界上所有照相镜头的技术性能和光学结构资料，供读者选购参考。

本书可供摄影专业人员和摄影爱好者阅读，也可供照相器材（照相机、照相镜头）设计、制造、销售方面的从业人员参考。

前 言

摄影技术的发明已有一百多年的历史，目前它不仅作为过程记录和再现的一种重要方法广泛地应用于科学技术和工业生产各个领域，而且与人民生活密切相关，成为业余爱好的文艺形式之一。随着科学技术的发展，摄影器材和摄影艺术得到很大的发展。近几十年来，摄影得到极大的普及，照相机的品种、规格、销量猛增。照相镜头是照相机的基本部件（主要部件）。本书全面阐述现代照相镜头的结构原理，以及有关的摄影光学问题。

本书主要内容包括：照相镜头的基本特性、现代照相镜头的种类、型式和特点、现代著名照相镜头的技术性能和结构特点和照相镜头的选用和保养等四章。本书的编写，力求做到表述简洁、详中取简、图文并茂、通俗易懂，特别适合于摄影专业人员和摄影爱好者阅读；本书内容丰富、资料完备，汇集了世界上所有的照相镜头性能特点，是一本可供日常参考的百科手册。我们相信，本书内容必将有助于读者正确掌握照相镜头的理论和应用，并指导摄影创作活动，从而提高其摄影创作的技术和艺术水平。

在编写过程中，本书参考和引述了许多国内外的论著，在此谨向有关作者表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中一定会有缺点和不妥之处，敬请广大读者批评指正！

包学诚

2001年4月

绪 言

照相镜头，亦称照相物镜，是照相机的关键部件，因此又称照相机镜头，简称镜头。照相镜头的作用是将被摄景物成像在感光材料（胶片或磁卡）上。作为成像光学系统，照相镜头的技术性能和成像质量将直接影响拍摄影像的清晰程度、画幅大小和拍摄效果。摄影者熟悉照相镜头的结构原理，有助于更好地掌握摄影规律，从而拍摄出符合创作意图的最佳画面，因此照相镜头也是摄影艺术造型的重要手段。

照相镜头，无论是定焦距照相镜头还是变焦距照相镜头，一般都由光学系统和机械装置两部分组成。图 0-1 所示为定焦距照相镜头的剖视图，而图 0-2 所示则为变焦距照相镜头的剖视图。

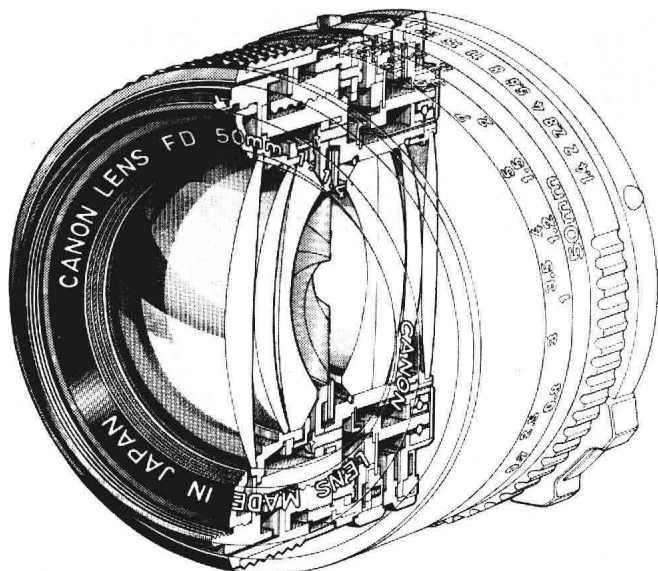


图 0-1

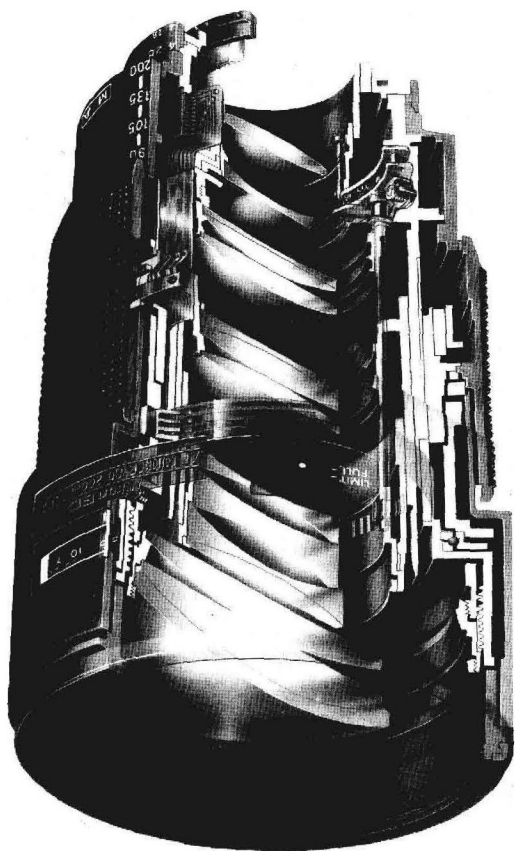


图 0-2

其中，光学系统是照相镜头的核心部分，它是由若干个透镜或胶合透镜组（或反射镜）所组成，用以形成要求的物像关系，保证获得正确的、清晰的影像。照相镜头的机械装置包括固定光学元件的零件（如镜座、镜筒、压圈和连接环等），物镜调节机构（如光圈调节环、调焦环、变焦环等），曝光控制机构（如光阑叶片和自动收缩光圈机构、快门叶片和镜间快门机构），以及景深表、闪光

连动机构和自拍机构等。有的照相镜头上还有电子装置，如测光元件、自动调焦装置和自动变焦装置等。此外，照相镜头与照相机的连接固定可以采用固定式、可拆卸式、卡口或螺纹等连接机构。总之，任何照相镜头都应根据照相机的总体要求，具有上述部分机构或全部机构。

目前世界上照相机的种类很多，常见的有大型照相座机、大幅照相机、中幅照相机、小型照相机（135 单反和平视照相机）、110 照相机以及 APS 照相机等，它们的画幅尺寸和使用胶片宽度如表 0-1 所示。

表 0-1

照相机型式	胶片宽度	画幅尺寸
大型照相座机	散页片	18 × 24、13 × 18、9 × 12cm
大幅照相机	61mm	6 × 17、6 × 12、6 × 9cm（使用 120 胶卷）
中幅照相机	61mm	56 × 67、56 × 56mm（使用 120 胶卷）
135 照相机	35mm	24 × 36mm（使用 135 胶卷）
110 照相机	16mm	13 × 17mm（使用 110 胶卷）
APS 照相机	24mm	16.7 × 30.2mm

虽然各种照相机配用不同的照相镜头，但是所有照相镜头的基本特性参数则是统一的。照相镜头的基本特性参数是：焦距 f' 、相对孔径 D/f' 和视场角 2ω 。这三个特性参数可以说是照相镜头的性能指标；而分辨率、调制传递函数（MTF）、像面照度分布、光谱透光特性和积分透光系数、光散射（杂散光）等，则是照相镜头的质量指标。

近几十年来，随着科学技术的进步，照相机技术得到全面的发展，特别是光学、精密机械和微电子技术进一步的密切结合和综合发展，开创了照相机的新时代。由于电子计算机在光学设计中的应用、光学元件中非球面的应用，以及低色散高折射率光学材料的开发，研制成功和开发了各种高性能的照相镜头和变焦距照相镜头，

进一步促进了摄影技术和摄影艺术的发展。

本书主要论述现代照相镜头的基本特性、结构原理、著名品牌和选用维护等，在注意科学性和知识性的前提下，通过大量图片、表格形象地阐明照相镜头的有关知识，以利于摄影者更好地发挥照相镜头的作用，创作出完美的摄影图片，繁荣摄影艺术园地。

目 录

绪 言	(1)
第一章 照相镜头的基本特性	(1)
§ 1-1 照相镜头的成像原理	(1)
§ 1-2 照相镜头的焦距	(5)
§ 1-3 照相镜头的相对孔径	(9)
§ 1-4 照相镜头的视场角	(13)
§ 1-5 照相镜头的透视	(16)
§ 1-6 照相镜头的景深	(19)
§ 1-7 照相镜头的像面照度均匀性	(23)
§ 1-8 照相镜头的调焦和景深	(25)
§ 1-9 照相镜头的透光特性	(26)
§ 1-10 照相镜头的彩色还原性	(31)
§ 1-11 照相镜头的成像质量评定	(35)
第二章 现代照相镜头的种类、型式和特点	(52)
§ 2-1 照相镜头的分类和基本型式	(52)
§ 2-2 标准镜头的结构发展和特点	(57)
§ 2-3 广角镜头的结构原理和特点	(60)
§ 2-4 远摄镜头的结构原理和特点	(67)
§ 2-5 特种镜头的结构原理和特点	(74)
§ 2-6 变焦距镜头的结构原理和特点	(85)
§ 2-7 增距镜的结构原理和特点	(91)
§ 2-8 照相镜头的最新发展	(94)

第三章 现代世界著名照相镜头的技术性能和结构特点	(100)
§ 3-1 概述	(100)
§ 3-2 135 照相镜头 (佳能、科希能、莱卡、美能达、 尼康、奥林巴斯、宾塔克斯、适马、腾龙、 图丽、特龙、蔡司、海鸥、凤凰)	(107)
§ 3-3 120 照相镜头 (玛米亚、哈塞勃莱特、宝塔克 斯、勃隆尼卡、富士)	(221)
§ 3-4 大型照相镜头 (罗敦斯托克、施耐德、雪纳、 尼康、富士)	(242)
§ 3-5 APS 照相镜头 (美能达)	(259)
第四章 照相镜头的选择和保养	(263)
§ 4-1 照相镜头的选择	(263)
§ 4-2 照相镜头的检验	(268)
§ 4-3 照相镜头的固定安装	(273)
§ 4-4 照相镜头的维护保养	(276)
§ 4-5 照相镜头的制造过程	(280)
§ 4-6 现代著名照相镜头的性能比较	(282)
§ 4-7 非球面照相镜头简介	(286)

第一章 照相镜头的基本特性

要用好照相镜头，必需对照相镜头的技术性能和成像质量有一个比较全面的认识和理解。焦距 f' 、相孔对径 D/f' 和视场角 2ω （亦称角视场）是照相镜头的基本特性参数，它对摄影画面具有重大影响，如画幅大小、景深、视场、透视以及曝光等。本章将就照相镜头基本特性及其有关使用技巧，以及照相镜头的成像质量问题作简要的论述。

§ 1-1 照相镜头的成像原理

众所周知，研究照相镜头的物像关系可以采用几何光学的理论，所谓几何光学就是利用几何学中的点、线、面的概念来研究光的传播的科学，它是以光的直线传播、光的独立传播与光的折射和反射三大定律为基础发展形成的。照相镜头是一个成像光学系统，它是由透镜、反射镜等组成。根据几何光学理论，光学系统的成像过程主要基于共线原理，也即物空间与像空间中的点、线、面是一一对应，相互共轭。由此，任何光学系统都可以用一些特殊的点和面来表征该系统的成像特性，这些点和面称为光学系统的基点和基面，如焦点、焦面（平面）、主点、主面（平面）、节点、节面（平面）和焦距。

如图 1-1 所示，有一光学系统， O_1 和 O_k 为第一个折射表面和最后一个折射表面； FF' 是该系统的中线轴线，即光轴；如果在物空间有一条平行于光轴的光线 A_1E_1 入射到光学系统的第一折射表面上（距光轴的高度为 h ），经该光学系统各个面折射之后，必有一条（唯一的）出射光线 G_kF' 与之共轭，此出射光线与光轴相交

于 F' 点。相反方向（从右向左），入射光线 $A'_k E_k$ 与出射光线 $G_l F$ 共轭，后者交光轴于 F 点。这里， F' 和 F 点分别称为像方（或后、第二）焦点和物方（或前、第一）焦点。必须指出，光学系统的物方焦点和像方焦点是不共轭的，它们的共轭点分别位于像方无限远和物方无限远。通过像方焦点 F' 和物方焦点所作的垂直平面则称为像方焦面和物方焦面。

从图 1-1 可以看出，入射光线 $A_l E_l$ 与出射光线 $G_k F'$ 的延长线相交于 Q' 点；同理，入射光线 $A'_k E_k$ 与出射光线 $G_l F$ 的延长线相

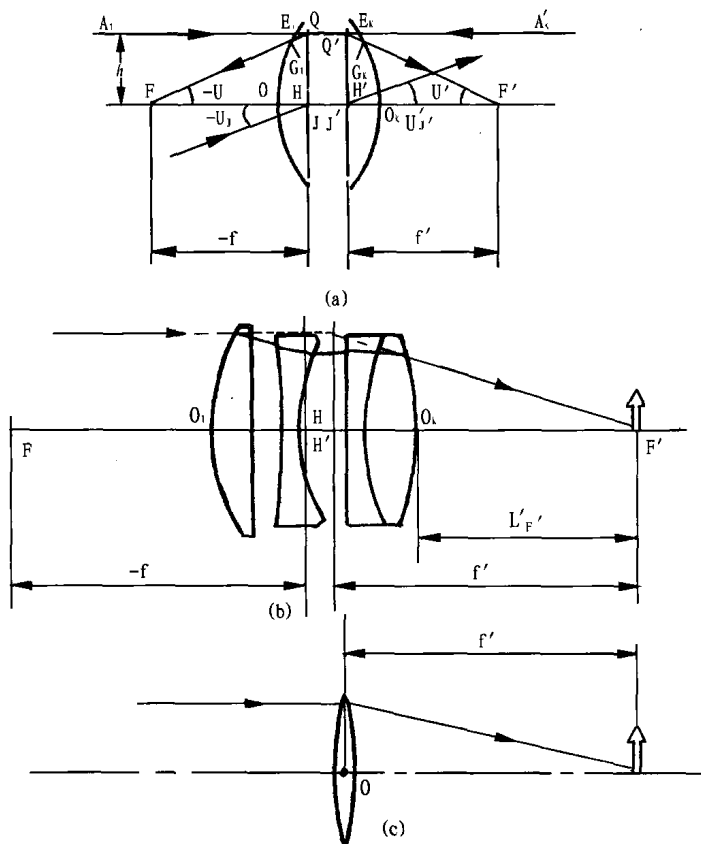


图 1-1

交于 Q 点；它们亦是共轭的，互为物像关系。从 Q'、Q 点作垂直于光轴的平面交光轴于 H 和 H' 点，此两平面亦是相互共轭，而共轭线段 QH 和 Q'H' 具有相同的高度（均等于 h），而且位于光轴的同一侧，故其垂轴放大率为 $\beta = +1$ 。这对共轭平面称为光学系统的主面。Q'H' 称为像方主面，QH 称为物方主面。主面与光轴的交点称为主点，H' 称为像方主点，H 称为物方主点。

自物方主点 H 到物方焦点 F 的距离称为物方焦距，以 f 表示；同样，自像方主点 H' 到像方焦点 F' 的距离称为像方焦距，以 f' 表示。焦距的正、负是以相应的主点为原点，如果从主点到相应焦点的方向与光线的传播方向相同，则此焦距为正，反之为负。如图 1-1 所示， $f' > 0$ ， $f < 0$ 。若 $f' > 0$ ，则该光学系统为会聚系统；若 $f' < 0$ 则为发散系统。照相镜头一般为会聚系统，在胶片平面上形成倒立的实像。

对于一个光学系统，不管其结构如何，只要知道其焦距值和焦点或主点的位置，其成像性质也就确定了，可以求解出物像关系（位置和大小）。

还有一对节点和相应的节面，这里物方节点和像方节点是角放大率 $\gamma = +1$ 的一对共轭点（即 $U_j = U'_j$ ），图 1-1 中用 J 和 J' 表示。在一般情况下，照相镜头在空气中使用，这时其节点和节面与主点和主面重合，并且 $f' = |f|$ ，即像方焦距与物方焦距相等。通常，照相镜头上标记的焦距是像方焦距（为了简单起见，也常用 f 表示），它定义为从像方主点到像方焦点的距离，如图 1-1b 所示，并不等于照相镜头最后一面到焦点的距离，后者为无限远物体的像距（ $O_k F'$ ）即 L'_F ，亦称后工作距离或后截距。

有时，也将一个光学系统简记为一个薄透镜，于是所有的主点、节点都重合在透镜中央，形成所谓“光心”（O）；这时，所有线段便都从光心 O 算起了（图 1-1c）。

根据几何光学原理可以求得物像位置和物像大小的计算方式如下所示：

1. 物像位置公式

高斯公式

$$\frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f'} \quad (1-1a)$$

牛顿公式

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

2. 垂轴放大率公式

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{l'}{l} = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f'} \quad (1-1c)$$

上述公式中的符号和正、负参阅图 1-2 所示。

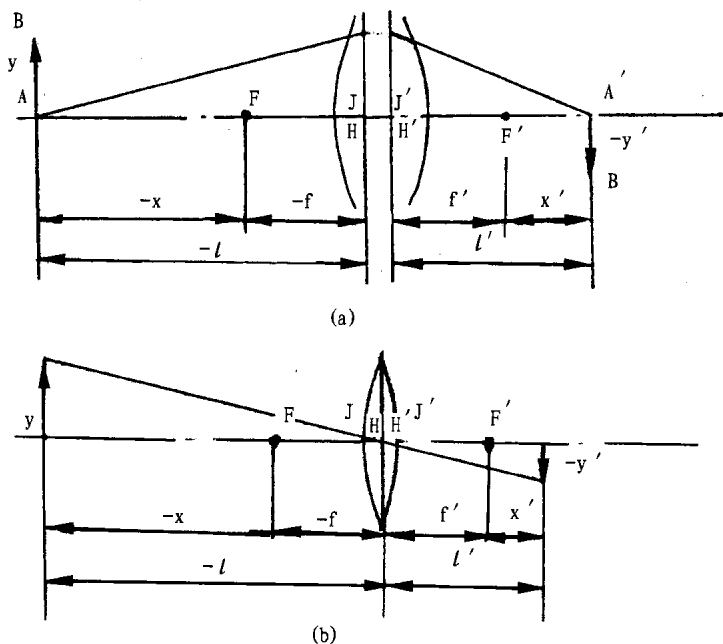


图 1-2

§ 1-2 照相镜头的焦距

照相镜头的焦距一般刻印在前镜片的压圈上，或镜筒的外圆周表面上，单位一般为毫米（mm）。

照相镜头的焦距，长的可以达到 1000mm，短的则可以小到几个毫米，不同国家、不同生产厂商往往有自己的系列标准。

我国国家标准 GB9924-88 中，对于 135 照相机和 120 照相机用定焦距和变焦距照相镜头的焦距系列作出如下的规定：

135 照相机用定焦距照相镜头的焦距系列：7.5、10、12、14、16、18、20、24、28、35、40、50、58、85、105、135、200、400、500、600、800、1000、1500、2500mm。

135 照相机用变焦距照相镜头的焦距系列：20-35、28-55、28-70、28-85、28-135、35-70、35-105、35-135、35-210、50-135、50-300、70-210、80-200、85-300、100-200、100-300、200-400、150-600、360-1200mm。

120 照相机用定焦距照相镜头的焦距系列：24、30、40、50、60、75、80、90、105、120、150、200、250、350、500、600、800、1000mm。

日本尼康公司生产的 135 照相机用定焦距和变焦距照相镜头的焦距系列中，定焦距镜头系列有：13、15、18、20、24、28、35、50、80、85、105、135、180、200、300、400、500、600、800、1000、2000mm（另有 6、8、16mm 的鱼镜头）；而其变焦距镜头的焦距系列则有：28-85、35-70、35-105、35-135、80-200、50-300、100-300、180-600、1200-1700mm 等。

日本腾龙公司主要生产 135 照相机配用的变焦距照相镜头，其焦距系列为：20-40、24-70、24-80、28-105、28-70、28-200、28-300、60-210、70-210、70-300、80-210、200-400mm 等；而定焦距镜头的品种很少，仅有下列几种：17、24、90、300、500mm 等。

瑞典哈塞勃兰特公司生产的 120 照相机配用的定焦距照相镜头的焦距系列有：30、40、50、60、80、100、105、110、120、135、150、250、350、500mm 等。

使用不同焦距的定焦距照相镜头，可以获得不同的拍摄效果。根据几何光学原理，可以导出公式

$$y' = -f' \tan \omega \quad (1-2)$$

式中， y' 为像高， f' 为镜头焦距， ω 为镜头的物方半视场角。

由公式 (1-2) 可以看出，如果像高 y' （即照相机的画幅尺寸，如 135 照相机的画幅为 $24 \times 36\text{mm}^2$ ）一定，随着镜头焦距由长到短变更，其拍摄到的画面视野（相应于镜头的视场角）由较小范围不断地向外扩大；也即长焦距照相镜头的视场角 (2ω) 较小，短焦距照相镜头的视场角则较大。利用各种不同焦的照相镜头在同一位置上拍摄同一景物主体可以获得不同视野的画面，如图 1-3 所示。

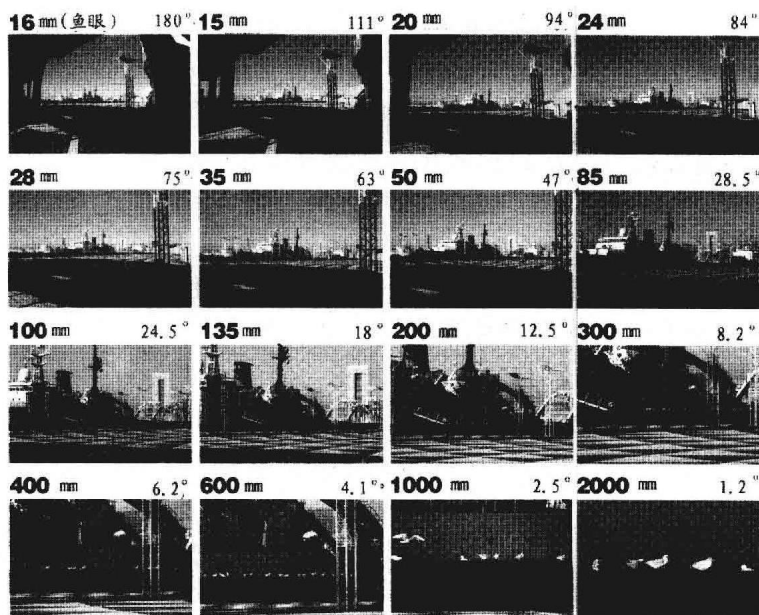


图 1-3