

王兆远 主编



照 相 机

(原理、结构、设计基础)

机械工业出版社

本书详细阐述照相机总体和各主要部件,如镜头、快门、机体、取景器、测距、调焦、卷片等各部分的工作原理、典型结构、基本设计计算方法,并对照相机自动曝光控制系统、自动调焦系统、闪光自动控制系统、自动卷片、倒片及其它自动化结构作了详尽的论述,反映了照相机近年来在光、机、电、微机技术相结合基础上的新发展。

本书可作为从事照相机设计、开发、研究、测试人员和广大专业摄影技术人员、商检、商贸人员及照相机爱好者的技术参考书,也可供有关专业师生参阅。

照 相 机

(原理、结构、设计基础)

浙江大学 王兆远 主编

*

责任编辑:韩雪清

版式设计:霍永明

责任印制:张俊民

责任校对:李莲凤

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

人民交通出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·机械工业出版社经销

*

开本787×1092¹/₁₆·印张23·字数 562 千字

1991年5月北京第一版·1991年5月北京第一次印刷

印数0,001—2,000·定价:6.60元

*

ISBN 7-111-02887-2/TH·304

前 言

照相机是摄影仪器的基础。本书详细阐述照相机总体和各主要部件,如镜头、快门、机体、取景器、测距、调焦、卷片等各部分的工作原理、典型结构和基本设计计算方法。本书着重对近年来照相机在光、机、电、微机等方面相结合发展的崭新技术进行了详细的论述,包括:

- 1) 新颖自动曝光控制电子快门、电子程序快门的工作原理、典型结构分析计算和计算实例。
- 2) 单反相机中光圈优先、速度优先、双优先、程序控制、多模式控制、电测光手动控制等的工作原理、典型程序流程、设计框图和分析计算。
- 3) 自动调焦系统的工作原理和分析计算。
- 4) 纵走式钢片快门的工作原理和典型结构分析计算。
- 5) 变焦镜头的工作原理和典型结构系统。
- 6) 自动卷片、自动倒片、自动打印日期、自动闪光控制、DX编码等各种照相机中自动化装置的工作原理、典型结构和分析计算。
- 7) 新一代照相机中微处理机控制系统的工作原理和设计程序实例。
- 8) 照相机中自动曝光控制理论和分析计算。

上列新技术内容是有关单位多年来从事照相机新技术开发、科研和资料汇集的结晶,有些在国内属首次刊载介绍。内容编写以近代照相机中新技术为主,并兼顾到各类型的典型传统结构。

本书是从事照相机设计、开发、研究、测试的人员和广大专业摄影技术人员、商检、商贸和照相机爱好者的技术参考书,也可供有关专业师生参阅。

全书共十三章,由王兆远副教授主编,编写第一、二、三、四、九、十、十一、十二共八章;裘然继副教授编写第七、八、六(部分)共三章;马涛副教授编写第五、六(部分)共二章;冯华君讲师编写第十三章。在第九等章节编写中裘然继、冯华君参加了有关编写工作。徐军同志参加大部分制图和整理工作。

全书由天津大学精仪系傅维乔教授主审。在编写、审稿时、特邀机电部杭州照相机械研究所盛传禄总工程师、上海照相机总厂孙晶璋总工程师、559厂研究所所长邓伟达高级工程师、杭州电子工业学院沈铎副教授参加审稿,并提供了宝贵的修改意见。编写过程中得到有关研究所、工厂等单位、专家和同志们的大力帮助,并提供必要资料和支持,在此一并表示深切感谢!

1957年我国开始建立照相机工业,谨以本书献给我国自1957年以来,从事照相机教学、研究、开拓、设计、生产等各方面工作和即将加入此行列的全体同志们。

编 者

1989年7月

目 录

第一章 概论	1
§ 1-1 照相机的基本功能和组成部分	1
§ 1-2 照相机的分类	3
§ 1-3 照相机三个技术发展阶段的代表技术	4
第二章 照相机总体设计方法	12
§ 2-1 近代照相机总体设计与工业设计师、社会工程学者、工程师的关系	12
§ 2-2 从工业设计、社会工程学角度讨论照相机的总体设计	13
§ 2-3 照相机工作特点 and 设计原则	20
§ 2-4 照相机总体参数的确定	26
第三章 照相机镜头系统	31
§ 3-1 照相机镜头结构及技术要求	31
§ 3-2 照相镜头的性能及型式	47
§ 3-3 照相机镜头镜筒结构设计	59
§ 3-4 照相镜头的光阑	65
§ 3-5 镜头接口与固定	68
第四章 照相机快门系统	70
§ 4-1 照相机快门的作用、技术要求和种类	70
§ 4-2 镜头快门	72
§ 4-3 镜头快门的分析与计算	82
§ 4-4 焦平面快门	88
§ 4-5 纵走式钢片焦平面快门结构	97
§ 4-6 焦平面快门的分析与计算	110
§ 4-7 照相机快门的闪光同步装置	115
§ 4-8 镜头程序快门的特点	118
§ 4-9 镜头程序快门的机械结构	120
§ 4-10 镜头程序快门的分析与计算	139
第五章 取景、测距和调焦机构	146
§ 5-1 取景器	146
§ 5-2 调焦与测距系统	167
第六章 照相机主体及卷片计数机构	190
§ 6-1 照相机主体设计	190
§ 6-2 卷片与计数机构	195

第七章 照相机曝光参数方程和控制精度	209
§ 7-1 曝光参数方程式	209
§ 7-2 APEX系统	210
§ 7-3 照相机曝光校正常数 K 值的计算和分析	213
§ 7-4 测光系统(曝光表) K_E 值	215
§ 7-5 亮度箱 K_L 值	216
§ 7-6 EV测试仪 K_r 值	219
§ 7-7 曝光量允许偏差计算	219
§ 7-8 自动曝光控制精度分析	222
§ 7-9 曝光量EV测试仪定标校正	223
第八章 照相机的典型测光元件和测光系统	226
§ 8-1 人眼视见特性 $V(\lambda)$ 和测光元件光谱灵敏度 $S(\lambda)$ 的校正	226
§ 8-2 彩色胶片显色因素	228
§ 8-3 照相机的典型测光元件	230
§ 8-4 电测光系统的典型结构方式和它的特性	234
§ 8-5 测光系统分析计算	238
第九章 照相机自动曝光控制系统	244
§ 9-1 照相机自动曝光控制系统基本原理和分类	244
§ 9-2 电测光手动曝光控制系统的结构方案设计	245
§ 9-3 移点式电测光手动曝光控制系统的分析和计算	248
§ 9-4 电测光自动曝光控制系统的结构型式与特性	253
§ 9-5 电子快门中时间控制基准的确定和分析	255
§ 9-6 光圈优先电子快门 γ 值的分析和计算	261
§ 9-7 电子程序快门的工作特性曲线和 γ 值	263
§ 9-8 镜头快门照相机中电子程序快门	

分析.....	264	§ 11-2 闪光摄影的合适曝光量、GN值	316
§ 9-9 电子程序快门控制系统中允许偏差量值的分析与计算.....	269	§ 11-3 闪光时合适曝光量的控制.....	318
§ 9-10 单反相机中自动曝光控制系统.....	270	§ 11-4 自动调光闪光灯.....	319
§ 9-11 模拟与数字控制系统.....	280	第十二章 自动卷片、自动倒片和照相机其它自动化结构.....	323
§ 9-12 曝光系统的控制.....	284	§ 12-1 自动卷片系统(AW).....	323
第十章 照相机自动调焦系统.....	293	§ 12-2 自动倒片系统(AR).....	326
§ 10-1 几种照相机自动调焦系统介绍.....	293	§ 12-3 照相机自动打印日期装置(AD).....	337
§ 10-2 镜头快门照相机中AF系统参数的设计、计算.....	295	§ 12-4 DX编码.....	339
§ 10-3 平视取景照相机中主动式自动调焦AF系统的结构与参数计算.....	301	第十三章 微处理机在照相机中的应用.....	342
§ 10-4 PSD系统结构.....	304	§ 13-1 照相机微处理机控制的特点.....	342
§ 10-5 单反相机中的AF系统.....	306	§ 13-2 摄影参量的输入.....	343
第十一章 照相机的闪光自动控制系统.....	314	§ 13-3 摄影参量的控制和显示.....	348
§ 11-1 典型闪光灯基本工作特性.....	314	§ 13-4 用微处理机控制的多功能照相机举例分析.....	355
		参考文献.....	359

第一章 概 论

§ 1-1 照相机的基本功能和组成部分

照相机的发展一般都追溯到1839年，以法国人达盖尔 (Daguerre) 和涅普斯 (Niepce) 首先应用银盐感光材料，在暗箱 (照相机) 中摄取照片作为开端。自19世纪初发明照相术和照相机以来，各种各样的照相机发展、变化层出不穷。尽管其外观和操作方法上有很大的不同，但就照相机拍照这个基本功能和原理而言，无论是今日已经高度电子化、自动化、电脑化的照相机，还是早期的银版照相机，都没有多大的区别。

一、照相机的最基本组成部分

如图1-1所示，照相机由三部分组成：

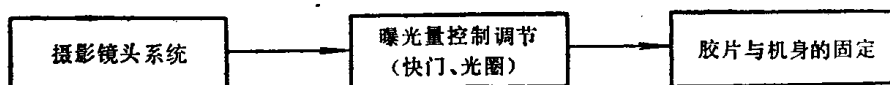


图 1-1 照相机的最基本组成部分

- (1) 摄影镜头系统 它将外界被摄物体正确成像在感光材料上；
- (2) 固定感光材料 (胶片) 的机身；
- (3) 曝光控制机构——快门、光圈 它使通过镜头的成像系统的光线能定量地到达感光材料 (胶片) 上。

随着照相机的发展，为了更便于进行摄影和提高摄影效果，在上列照相机的基本结构上，增加了各种功能的结构装置，使照相机结构性能不断获得提高，成为具有技术性能高、可靠性好、高度自动化、电子化的新一代照相机。

二、近代照相机中增加功能的新结构

一般具有下列 9 个部分，如图1-2所示。详细内容将在第三章至第十三章中讲述。

(1) 取景器 早期的照相机是在安放感光材料的位置上，转换放置一块毛玻璃板，利用观察毛玻璃板上的像，进行照相机的取景。这种方式最大特点是通过摄影镜头取景，具有直观、正确的优点，但使用时非常不方便。以后发展成为与镜头成像系统分立的平视式取景器和双镜头反光式取景器，并又逐步发展到利用摄影成像主光路进行转换，透过照相镜头直接观察成像系统像的单镜头反光取景器，组成单镜头反光照相机，已成为当今35mm、120胶卷照相机中一类主要的结构型式。

(2) 调焦、测距和自动调焦装置 它与取景器密切相关，例如在单镜头反光和双镜头反光等照相机中，就是在聚焦屏上同时进行调焦和取景的。此外，还可目测法和便于目测的区间调焦法、双像重合测距法、单反相机中的各种测距方法，使摄影镜头根据不同距离的物体，获得正确调焦位置，保证成像清晰。近年来新发展的主动式和被动式自动调焦装置，

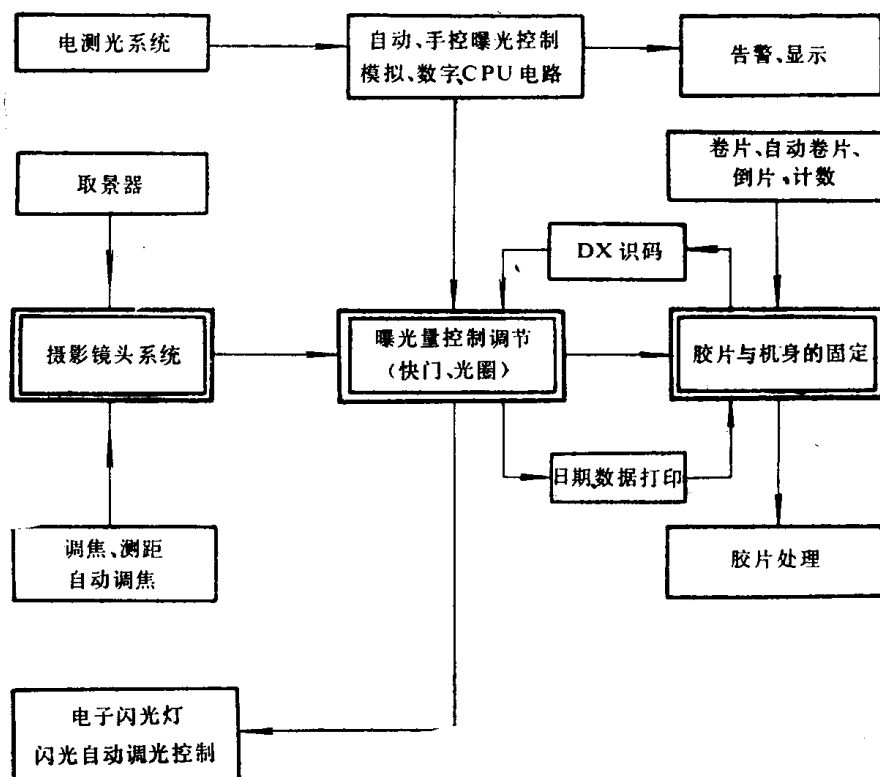


图 1-2 现代照相机各组成部分

已成为当今35mm单反照相机和平视取景照相机的主要潮流。

(3) 卷片、计数、自动卷片、倒片和连续自动卷片摄影装置 照相机的感光材料，由早期单页片、合装片发展到卷装胶片。卷片方式也从自动停卷的手轮、扳把、发条驱动，发展到目前流行的微电机自动卷片上弦和拍摄完后自动倒片方式。在某些照相机中具有每隔1~2s可连续拍摄的自动连续卷片装置。

(4) 带电测光的手控、自动曝光控制机构 最初，照相机的曝光是凭使用者的经验和感觉来进行的。后来由于电子曝光表的出现，使曝光更符合科学性和准确性，并进一步发展到内装和连动方式。目前带电测光的手控和自动曝光控制方式已在照相机中普遍应用。此外，由于测光元件、控制电路的不断改进，在单反相机中透过镜头的各种不同内测光方式的精度不断地改进和提高，使曝光更为准确和符合实际。在控制电路中已普遍采用小体积、高集成度的集成电路，从模拟电路、数字电路，发展到CPU微机电脑化控制，实行多模式、连续程序系统控制。

(5) 告警、显示装置 照相机内装告警和显示装置，已从简单表头指针方式发展到应用LED、LCD电子显示和蜂鸣、语言显示方式。显示内容从简单低照度告警功能和曝光合适显示，发展到显示曝光模式和使用参数、调焦和自动调焦对准情况、内装胶片型式、卷片、计数和拍摄幅数、打印日期和数字的显示、提示和建议应采用的合适模式等，已能将照相机各种使用情况进行正确、合理的显示。

(6) 电子闪光灯和闪光自动调光控制 照相机快门与闪光灯正确联动控制，已从外接手持、内接点插入式，发展到照相机中内装电子闪光灯方式。这种方式已在35mm平视照相

机中广泛使用,并已开始³在35mm单反新颖照相机中采用。电子闪光灯内装在照相机内,组成整体结构,不仅使用方便,扩大使用范围,并可进行直接联动和多功能控制,实现日光闪光控制、自动充电、低照度时自动点燃闪光等功能,提高了照相机工作性能。外接式闪光灯已与照相机设计综合整体考虑,通过照相机内的控制系统,使闪光灯实现自动调光,并可在自动调焦时进行相应的自动调光控制。

(7) 日期、数据打印装置 摄影成像时在胶片边缘部分,同时记录打印摄影的日期、时间或数字等装置,早期是应用光学转像方法,依靠使用时拨动字盘来改变数字。1978年后应用了电子数字石英表技术,采用大规模集成电路和石英振荡、LCD显示和投影成像方法,在胶片边缘上进行瞬时记录。目前这种装置已成为一个独立部件,装在照相机后背上。

(8) DX编码装置 国际上在1983年于135胶卷暗合旁,设置了按照不同胶片感光度值,而能相应接成导通电路的编码方案,当放入DX型的编码胶卷后,利用照相机上具有的触点能自动接通该胶卷盒上的感光度值。这给使用者带来了方便,可以不必对照相机预置感光度值和了解感光度值的意义。目前在许多新颖照相机中均备有此DX编码识别装置。

(9) 胶片处理装置 备有胶片处理装置的照相机摄影后立即就能看到显影好的影像,这种相机叫做一步成像照相机。其原理是:使感光材料通过一对滚子,把装有处理药的药包挤破,使处理药均匀地涂在乳剂面上,进行显影。几种一步成像照相机上所用的原理是相同的,但其形式不一,有从照相机中取出马上就能看到影像的方式,亦有需要经过一定时间显影后,再把正、负片分离开的所谓剥离式。在输送已摄胶片的结构方式上,一种是采用马达作动力将已摄影好的胶片进行显影,并送出照相机,另一种为手拉方式。

照相机的发展已从最基本的三个组成部分,逐渐演变到现代照相机中具备了上列10余个部件,不仅扩大了照相机的功能,并提高了它的技术水平。使用既方便又可靠,同时又降低了成本,更适合大批量生产。各种类型照相机,应根据它的功能要求、技术性能范围和指标、生产成本等各方面综合衡量,考虑其应具备的组成部分和技术性能。

§ 1-2 照相机的分类

目前对照相机的种类还没有完全的确切分类方法。一般按其特征分类可归纳成以下几个方面。

(1) 按照相机使用的胶片和画幅尺寸 可分为35mm照相机(135照相机)、120胶卷照相机(有 $6\times 4.5\text{cm}$ 、 $6\times 6\text{cm}$ 、 $6\times 7\text{cm}$ 、 $6\times 9\text{cm}$ 等)、110照相机、126照相机、中幅照相机和大幅照相机等。

(2) 按照相机外形和结构分 有折叠式照相机、双镜头反光照相机、单镜头反光照相机(简称单反相机)、平视取景照相机、小型和超小型照相机、转机、座机等。

(3) 按照相机快门形式分 有镜头快门照相机、焦平面快门照相机、程序快门照相机等。

(4) 按照相机具有的功能和特性分 有自动调焦照相机、电测光手动曝光控制照相机、电测光自动曝光控制照相机、外测光和内测光(TTL测光)照相机等。此外,还有快门优先式、光圈优先式、程序控制式、双优先式、多模式控制照相机、电动卷片(自动卷片、倒片)照相机、打印日期照相机和内装闪光灯照相机等。

(5) 按用途分 可分为一般用途、特殊用途照相机、立体照相机、水下和航空照相机等。

(6) 按感光材料的处理方法分 有一步成像照相机和一般胶片照相机。

(7) 按镜头特性分 有固定非交换、交换式、变焦和双焦照相机等。

在上列分类方法中,还可以按其它特征进行分类,但完全如此截然的分类是不太符合实际的,因为一架现代照相机往往具有多方面特征,不能由单一特征来分类,而应以综合性方式予以描述。

§ 1-3 照相机三个技术发展阶段的代表技术

照相机的发展从1839年算起,已有150年的发展历史,但作为真正实用手持式照相机,不过是近60年的事。通常将照相机的技术发展分成三个阶段。

一、照相机第一发展阶段的主要代表技术 (1839年~1954年)

1839~1954年是照相机技术从雏型走向光学、精密机械成熟和完善的阶段。从1839年到1925年的漫长的86年是照相机各主要部件,例如摄影成像光学镜头、快门、取景器、卷片、计数、机体、测距器等各种类型的光学部件和机械部件,处于发明和开始装入照相机内的完善阶段。

1925年德国开始制成采用35mm带齿孔胶片的35mm平视取景照相机,奠定了35mm小型照相机的技术基础。从1925年到1954年是照相机技术发展成熟和完善的时期。框式、平视、折叠式、双镜头反光、单镜头反光等各种典型结构型式相继问世。同时,这一时期也是135和120照相机平行发展和135照相机开始替代120照相机的时期。

在这个阶段主要技术是形成各种照相机的典型结构型式:

1) 1925年德国开始制成35mm平视取景照相机,采用35mm带齿孔胶片,是今后35mm照相机发展的基型。

2) 1929年德国开始制成双镜头反光120照相机,它与折叠式120照相机一同成为120照相机的基本型式,在40~50年代曾盛行一时。自50年代后期,彩色摄影中广泛使用35mm彩色胶片和扩印技术后,在一般摄影中135照相机的使用比120照相机更广泛。

3) 1936年德国制成35mm单镜头反光照相机,开创了35mm单反相机的新机种,但它是俯视取景方式,结构不够完善,使用不甚方便。

4) 1941年左右制成的35mm镜头快门平视取景照相机,一直在持续发展和改进,是当今最广泛盛行的35mm平视镜头快门照相机的先驱。

5) 1948年制成120胶片 $6\times 6\text{cm}$ 、可换胶片暗箱、交换镜头的单镜头反光照相机,成为当今120单镜头反光专业照相机的基本型式。

6) 1950年在照相机设计中推出带屋脊五棱镜的35mm单镜头反光照相机,使35mm单反相机从俯视走向水平取景,并相继在1954年采用了反光镜快速瞬时复位机构,即在快门开启前反光镜上跳,一旦摄影结束关闭快门时,反光镜也立即复位。原来在单反照相机摄影时,由于反光镜阻挡光路,故快门动作前必须使反光镜跳起而避开光路,因此按下释放钮后,取景器就变黑而一无所见,一直要到下一次卷片结束、反光镜复位时才能取景。反光镜快速瞬时复位机构改善了这种状况。并且进一步在单反相机中采用自动收缩光圈的方法,即改进为镜,

头的光圈在平时取景时保持最大口径，使取景具有足够亮度，提高了调焦的正确性，而仅在摄影的一瞬间自动地将光圈收缩到预先给定的光圈值上，快门关闭后，又立即将光圈复位到全开启状态，仍保持取景明亮状况。

由于以上的改进，35mm单镜头反光照相机在操作上已与透视取景器照相机一样方便。由于它能直接观察到通过摄影镜头的像，没有视差（取景器像和实际拍摄像之间的差异称为视差），并且具有可任意更换镜头和近摄等显著优点，因此使单镜头反光照相机迅速地得到发展和普及。

在一般用途的照相机中，以35mm单镜头反光照相机的结构最为复杂，技术要求亦高。因此，如果在单反相机中上述三个改进问题中有一个没有解决，35mm单反相机也决不可能发展至今成为照相机中一个最主要机型。

由于前述各时期发展过程中各类技术问题相继解决，在照相机第一发展阶段中有关照相机基本机型均已具备。光、机方面的设计和生产技术已达到实用、完善和成熟阶段。

照相机第一个发展阶段主要是形成各种类型的照相机典型機種，计有：

- 1) 35mm单镜头反光照相机（简称单反相机）；
- 2) 35mm镜头快门平视取景照相机；
- 3) 120单镜头反光照相机；
- 4) 中幅与大幅面尺寸专业照相机；
- 5) 120双镜头反光照相机；
- 6) 135折叠式及120折叠式照相机；
- 7) 135焦平面快门平视取景照相机；
- 8) 其它型式照相机，包括110相机、126相机等。

上列1)、2)二类机型经久不衰，已成为当今照相机中主要機種，3)、4)主要为专业应用機種，其它机型已很少生产，有些属于淘汰类型。

二、照相机第二发展阶段的主要代表技术（1954年～1975年）

照相机第二发展阶段主要代表技术是在照相机中实现电测光的手控与自动曝光控制，将照相机技术的主要领域从光、机结合推向光、机、电相结合的新阶段。而其中光的部分不再是单纯几何光学和成像像质问题，已经扩大到光度、色度、测光元件与光电转换技术。电的部分从简单的电工微安表控制电路，发展到晶体管分立元件、厚膜电路、集成电路IC控制方式等。电路结构包括模拟电路与数字电路。机械部分在简化结构、减少零部件基础上，增加了光、电转换相结合的控制部分，包括测光系统结构、机电转换结构、控制开关、触点等。

在1936年，电测光曝光表已开始装入照相机中，但它仅作为照相机内的一个独立部件，与照相机快门、光圈不发生直接关系，不能实行联动控制。1954年开始首次将曝光表与快门速度值进行联动控制后，开始了照相机电测光手动曝光控制和电测光自动曝光控制的新阶段。

在电测光手动、自动曝光控制发展阶段中，主要技术有下列七方面：

（1）应用微安表头的电测光手动曝光控制 以微安表头的表针作为追针式、平衡式、定点式的显示，进行电测光手动曝光控制。该方式在50年代后期已应用 在 平视取景照相机中。在60年代初开始采用内测光方式，应用在单反相机中。

(2) 应用微安表头及预选快门速度值(速度优先),进行电测光速度优先、光圈自动控制,使照相机曝光量实行自动调节。该方式在60年代后期广泛应用在35mm平视取景照相机中,亦有少量应用在单反相机内。70年代已被电子快门方式所替代。

(3) 应用微安表头对程序快门进行电测光自动曝光控制。采用微安表头的表针作定位控制,同时控制快门速度和光圈值的变化,即按照事先设计好的程序快门速度值和光圈值的变化关系,对照相机的程序快门,实行电测光自动曝光控制。由于程序快门中的快门速度值与光圈值是同时变化的,所以使用者不必也不可能预选快门速度值或光圈值,也可不必了解快门速度值和光圈值的意义,这样,电测光自动曝光控制给使用者带来了方便。

上述三类(1)、(2)、(3)均将微安表头作为控制元件应用于电测光手控或自动曝光控制系统中,由于微安表头不耐振、易油垢、易卡住损坏等缺陷将影响照相机的质量,而且结构复杂、成本高,因此大批量生产较困难。虽在70年代初盛行一时,但不久就被电子快门所取代。

(4) 光圈优先的电子快门自动曝光控制。1965年首先在一步成像照相机中采用光圈优先的电子快门。70年代初应用在35mm平视取景照相机中,由于当时的电子快门是在原有机机械式镜头快门的基础上,再增加一定的测光和电子元件,以实现光圈优先的电子镜间快门,所以结构复杂、成本高,大批量生产比较困难,不久即被平板式电子程序快门所取代。

(5) 电子程序快门自动曝光控制。在镜头快门照相机中采用电子程序快门,快门速度值与光圈值二者按照原定设计程序,由电测光实行自动曝光控制,是照相机第二发展阶段中镜头快门照相机内最成熟的技术,一直被发展改进沿用至今。它有下列特点:

1) 快门速度与光圈值按设计程序同时进行变化,应用光敏元件、控制电路、继电器来取代微安表头,以电子快门方式进行自动曝光控制。而且光圈与速度同时变化,扩大了控制范围。并且使用者可不必了解和预置光圈、速度值,使用方便,故受到使用者的欢迎。

2) 配合镜头设计上的改进,在结构上采用镜后快门形式,改变过去长期来应用圆座型的复杂结构,改用平板型结构后,简化了结构和工艺过程,降低了成本,适合大批量生产。

3) 在控制电路系统中,经历了分立元件、厚膜电路,发展到专用集成电路,实行了多功能控制。在IC电路内不仅具有自动曝光控制功能,而且包括低照度电子告警显示,电源电压不足时实行自锁和告警,闪光灯与距离联动调节控制,扩大了电子程序快门的功能,增强了使用可靠性,并使电子程序快门可以进行专业化大批量生产。

(6) 钢片焦平面快门在单反相机中的应用。1960年在单镜头反光照相机中开始应用钢片焦平面快门,并且使单反相机的焦平面快门达到互换和标准统一化,以便于专业化大批量生产。钢片焦平面快门具有快门速度高、稳定性好、X型闪光联动快门速度高、寿命长的优点。它在单反相机中的应用,为提高单反相机性能和进行大批量专业化生产,奠定了基础。

(7) 单反相机中内测光TTL手动和自动曝光控制。单反相机的主要特点是能交换不同性质的摄影镜头,外测光控制方式不能与交换镜头相适应,没有实际意义,所以在单反相机中必须实行透过摄影镜头的内测光TTL(Through The Lens)控制方式。从1963年开始在单反相机中实行了内测光控制方式,它具有下列型式和发展过程:

1) TTL内测光应用微安表头指针作显示,以追针、定点、平衡式指示,进行手动曝光控制。

在单反照相机取景视场内,直接观察表头指针显示,通过手控预选光圈,变换快门速

度；或预选快门速度，改变光圈，使微安表头指针通过以追针、定点、平衡的显示后，照相机达到合适曝光量控制。由于采用微安表头进行控制，所以微安表头的缺陷，如不耐振、易损、结构复杂、成本高等，将被带入此结构方案中，并且在使用时，外界亮度较低，表针难于分辨判别。在TTL内测光的发展过程中这种型式被电子控制方式所替代。

2) TTL内测光应用IC集成电路，以LED作三灯显示，进行手动曝光控制。

在单反相机取景视场内，通过IC集成电路，以发光二极管LED作三灯显示。若预选光圈则手控变换快门速度；若预选速度则手动改变光圈，使LED三灯进行显示，一般以中间绿色LED表示曝光合适，上面与下面红色LED分别表示过曝与欠曝。当手动调节光圈或快门速度，达到中间绿色LED点亮后，表示达到合适曝光量控制。目前这样的结构方案仍被应用在一般单反相机中，实行电测光手动曝光控制。亦有将此方式应用在透视取景镜头快门照相机内，达到电测光手动曝光控制。

3) TTL内测光应用光圈优先以焦平面电子快门进行自动曝光控制。

在单反相机中应用TTL内测光系统，采用光圈优先、焦平面电子快门进行自动曝光控制方式，已成为单反相机中实行自动曝光控制最合适的基本方案。

它与镜头电子快门照相机相似，但由于单反照相机的内测光系统处于反光镜的后端，在摄影工作时，反光镜将翻起，截住了测光电路，所以在电路控制系统中还必须增加瞬时记忆电路，这在技术上增加了一定的难度。

上列七项照相机为第二发展阶段的代表技术，主要是解决了照相机中自动和手动曝光控制。有些技术已经淘汰，目前仍在广泛应用的主要有三项：

- 1) 镜头快门照相机中电子程序快门电测光自动曝光控制；
- 2) 单反相机中TTL内测光，光圈优先电测光自动曝光控制；
- 3) 单反相机中TTL内测光，以LED作为显示的手动曝光控制方式。

在照相机第二发展阶段实行了光、机、电相结合后，提高了照相机的功能和技术水平，降低了成本，适合大批量的生产方式，为第三阶段的进一步自动化、电子化、电脑智能化方向发展建立了基础。

三、照相机第三发展阶段的主要代表技术（1975年至今）

照相机发展到第三阶段，主要是在实现照相机自动曝光控制基础上，进一步扩大自动化功能，例如自动调焦、自动卷片、自动倒片、自动闪光控制等，并应用微处理技术，进行多模式控制。主要反映在镜头快门照相机与单反照相机两个方面。

1. 镜头快门照相机

镜头快门照相机新技术进展主要反映在下列九个方面：

（1）带电子自拍的电子程序快门 在前列电子程序快门基础上，去除结构复杂、失误较多的传统机械自拍装置，扩大电路功能，实行带电子自拍的电子程序快门，从结构原理上可分为下列四种类型：

- 1) 有阻尼或无阻尼带电子自拍的电子程序快门（详见§4-8，三）；
- 2) 应用副光圈作瞬间实时测光控制，带电子自拍的电子程序快门（详见§4-8，四）；
- 3) 电磁式程序快门 以电磁力作驱动快门的动力，取代弹簧原动机的传统机械结构方式的电磁式程序快门；

4) 简易分档式电子程序快门 近年来由于胶片宽容度扩大，相应的曝光控制精度和曝

光控制的分档级数要求可以降低,采用更简易的分档控制结构型式,程序为不连续的分档控制,达到结构简单、调试方便、降低成本,便于大批量生产。

其它,亦有采用微电机作驱动动力的电子程序快门,但由于结构复杂、成本高,因而很少采用。

(2) 内装闪光灯 自1975年开始在照相机内装置电子闪光灯,与照相机组成统一有机体,实行同步控制,从而形成了镜头快门照相机开创的新系列。目前已成为镜头快门照相机的主流,被誉为镜头快门照相机第一次革命浪潮。

(3) 自动调焦 照相机自动调焦是在照相机实现了自动曝光控制之后,使用者、研究人员、设计人员和各工厂追求的目标。自1977年9月开始生产自动调焦照相机后,各设计、研究人员与工厂均相继设计、生产性能相似而结构各不相同的自动调焦照相机。它推动镜头快门照相机的设计、生产,比其它技术的发展更为迅猛,被称为镜头快门照相机第二次革命浪潮。

自动调焦照相机的技术发展极为迅速,从1977年9月问世至今,已经经历了五代的变化,从被动式发展到主动式;从扫描运动方式发展到固态无扫描运动方式等,到1982年已基本形成统一的型式,即采用红外主动固态PSD (Position Sensitive Device) 结构,应用位置敏感元件的方式,从而走向技术成熟阶段(详见§10-4)。

在发展过程中曾应用超声测距系统,由于其体积太大,结构复杂,成本太高而被淘汰。

(4) 自动卷片、自动倒片 1978年首次在35mm镜头快门照相机中内装微电机实现自动卷片、自动倒片。目前几乎在35mm镜头快门照相机内都实现自动卷片、倒片装置,被称为镜头快门照相机第三次革命浪潮。

目前传统的扳把卷片方式,在国际上35mm镜头快门照相机中已几乎不再使用。在简易相机上采用手轮卷片方式,而一般35mm镜头快门相机均采用电动卷片方式,实现自动卷片和自动倒片。

(5) 双焦与变焦系统 1985年推出双焦物镜系统新的结构方式,在以往镜头快门照相机中,仅使用一只广角(或近似广角)镜头,拍摄受到一定的限制。1985年3月在镜头快门照相机中采用了二只可交换的广角与望远镜头,很快各照相机厂都设计、生产不同的双焦镜头照相机,许多使用者对这种双焦镜头照相机很感兴趣,它能在同一位置上,拍摄二张不同情趣的照片。1986年底,开始在35mm镜头快门照相机上,装置了连续变焦镜头,各厂设计、生产的连续变焦范围略有不同,有35~70mm、38~60mm、35~80mm、40~80mm、38~105mm等不同参数,采用电动或手动方式进行变焦控制。在单反照相机中重要的特色之一是能够交换不同镜头和装置变焦镜头。而目前在镜头快门照相机中装置了变焦镜头后,使镜头快门照相机具有单反照相机的特色,这将进一步促进镜头快门照相机向单反照相机接近和相互靠拢。在国际上被称为镜头快门照相机的第四次浪潮。

(6) 自动闪光控制(自动点燃、自动充电) 以往内装闪光灯35mm镜头快门照相机,都是在使用时若低照度告警LED指示灯点燃,则使用者拨动闪光灯充电开关,充电合适后,在开启快门时,同步触发闪光灯点亮。这种手控方式给使用者带来一定的不便。

1982年开始设计和生产镜头快门内装闪光灯,采用自动充电闪光灯方式,当手按快门处于低照度告警时,内装闪光灯的控制继电器自行吸合,闪光灯被自动弹出,自行充电,当充电合适后,再按下快门后,闪光灯即被自动点燃。这虽然解决了闪光灯的自动弹出和开启充

电问题,但往往具有充电等待过程,还不够方便。

近年来,在解决超小型护盖式照相机设计时,某些照相机在开启镜头推盖时,闪光灯充电电源即被导通充电,当充电合适后,充电电路即被截止,不再充电。外界光线足够时,闪光灯被截止不会点燃。而外界光线不足,在按快门按钮同时,早已充电完毕的闪光灯,将自行导通点燃;实现闪光自动点燃控制。这种方式在开启镜头护盖后,不论是否需要用闪光灯,均先将闪光灯进行充电和耗电。目前已作进一步改进,即开启镜头护盖虽开启总电路,但仅在外界亮度低于低照度告警状态下才行充电,这就要求充电非常迅速,电路内阻应很小,否则充电过程过长,使用者仍感到不便。

采用自动充电、自动点燃控制方式,给使用者带来很多方便,已成为目前内装闪光灯照相机的设计趋向。

(7) 超小型尺寸和护镜式结构 由于将闪光灯部件、自动调焦部件、自动卷片、倒片、自动闪光控制等部件装入照相机,使35mm镜头快门照相机的体积和重量都有所增加,在照相机设计上的下一个创新课题,必然是如何在保持这些功能的同时,实现小型化。

照相机小型化设计一直是照相机研究、设计、生产工厂的追求目标。1978年后在袖珍化设计上较大的进展,不仅从长度上缩短,更重要的在厚度上进行压缩,改变了照相机镜头一贯凸出在照相机机体上的传统结构方式。

压缩照相机厚度,必然要从重新设计镜头着手,应使镜头的光阑(快门叶片)到胶片像平面间距离缩短,以往该结构参数为30mm左右。通过新光学系统的设计,目前已缩短到26mm,甚至小于26mm,并且采用镜头本身厚度较薄的结构,或应用镜间快门结构型式,即镜片在快门前、后二端,以缩短厚度。为此,镜头已广泛采用高折射率玻璃,并应用小曲率尺寸,但这对镜头设计、加工均带来一定技术难度。

由于采用了短工作距离的新镜头系统,使照相机厚度大大缩短,在外型设计上,产生了新的突破,普遍采用了镜头盖联成一体移盖式、推盖式、护镜式等结构外型,使镜头获得足够的保护,并能对快门按钮起联锁保险作用,这深受使用者欢迎。

(8) 打印日期、数字记录装置 35mm镜头快门照相机中备有打印日期、数字记录装置,虽早在1970年出现,但正式投入大批量生产是在1975年之后,当时采用光学转像方法,依靠使用者拨动日期盘和数字盘来改变打印日期和数字。1978年后,应用大规模集成电路LSI的石英电子数字表技术,进行自动日期变换和打印,由LCD液晶显示打印的日期或时间。开始阶段是通过译码电路,驱动微型七段LED转印在胶片边缘上。目前是应用黑底透白的反LCD液晶,使日期或时间投影成像在胶片边缘上。

打印日期或时间记录装置,目前均放置在照相机的后背上,组成一个标准化、通用化的部件,可应用在各类型照相机中。

(9) 胶片DX编码系统 1983年在35mm胶片暗合房设置了能按照不同胶片感光度值,而相应接通电路的编码方案,详见§12-3。使用者可以不必了解胶片感光度的意义和进行预置,避免了差错。给使用者带来了方便,并促进了照相机自动化的发展。

2. 单镜头反光照相机

单镜头反光照相机在第三发展阶段的技术进展更为迅猛,它与集成电路的技术相结合,应用IC中的电脑微处理CPU技术,形成了新一代的照相机技术领域。主要反映在下列九个方面:

(1) 双优先自动曝光控制 1976年在单反相机中实现了光圈优先自动控制快门速度,或快门速度优先自动控制光圈,实现了双优先自动曝光控制,并同时具有电测光手动曝光控制,开始实现多模式控制方式。

(2) CPU电脑多模式控制

1) 自1976年开始在单反相机中首先应用CPU微处理技术,实现了单反相机的光圈优先、速度优先、手动曝光控制、收缩光圈测光控制和闪光自动调节等多模式控制。

2) 1978年在上列多模式控制基础上,应用CPU在单反相机中实现平均程序方式和 $\gamma = 0.5$ 的单反相机程序控制模式。

3) 1982年应用CPU实现了单反相机中的速度重点型程序和 $\gamma < 0.5$ 的控制模式,使单反相机程序控制更加实用。

4) 1983年应用CPU在单反相机中实现可变程序控制,使在一个单反相机中具有二个或二个以上不同 γ 值的程序控制,以适合不同的摄影要求和不同的变换镜头。

5) 1985年应用CPU实现多程序控制模式、快速程序变化和采用LCD显示程序曲线图形。目前已达到多种程序模式——标准、望远、速度重点型、广角、景深重点型、大光圈型和动物追踪型等,并应用LCD显示程序图形。它将相应代替以往光圈优先、速度优先和单一程序方式,使照相机获得更大适应范围和创作意境。

6) 1988年在上列应用CPU多模式控制基础上,采用可换磁片方式直接变换不同控制模式。实现了直接输入软件磁片进行变换控制。

(3) 单反相机中实行自动调焦控制 单反相机中的自动调焦控制,从1981年11月开始应用反差法、相位法等结构方式后,经过近4年不断发展,在1985年开始采用CCD方式,并对单反相机中变焦镜头实行自动调焦控制,使单反相机自动调焦完全达到实用、可靠阶段。

(4) 高倍率的变焦镜头 以高倍率的变焦镜头作为单反相机中的标准镜头,已成为现代单反相机的普遍趋向。变焦范围已达到28~135mm或35~210mm,倍率从3×提高到5×与6×范围。

(5) 大口径镜头 标准镜头早已达到 $F1.2$;而目前在广角镜头中达到 $F2/21\text{mm}$ 、 $F1.4/24\text{mm}$;望远镜头达到 $F1.4 \sim F2/85\text{mm}$ 以及采用非球面大口径结构达到 $F1.2$;而在100mm、135mm望远镜头中达到 $F2$;200mm、300mm时达到 $F2.8$ 与 $F2$;在超望远400mm镜头时,达到 $F2.8$ 大口径。

变焦镜头亦向大口径方向发展,标准变焦镜头35~70mm已普遍达到 $F2.8$;并已生产了24~60mm、60~120mm、80~200mm的 $F2.8$ 变焦镜头。而微距镜头已普遍达到 $F3.5$ 、 $F4$,某些已达到 $F2.8$ 附近。

(6) 高速钢片快门 为配合大口径镜头和提高X型闪光灯连动时间,近年新开发的单反相机普遍采用钢片快门,而且其速度已提高到1/2000s和1/4000s。

(7) 机身中内装电动卷片、倒片结构 以往单反相机都采用外装电动卷片器。自1979年开始在机身内装电动卷片、倒片后,目前各厂均相继生产内装微电机的自动卷片、自动倒片结构,它已成为当前单反相机内装的必备结构。

(8) 测光方式向多样化发展 单反相机中测光系统从简单的平均测光、中央重点测光发展到像平面直接测光系统、点测光(Spot)系统、多区域(Multi-Pattern)测光系统、TTL闪

光测光系统和日光闪光同步测光控制系统等，使测光方式多样化，以适应不同的实际需要。

(9) LED、LCD、程序曲线的多模式显示 在近代单反相机中，由于具有各种多功能控制模式，必然也相应地具备各种控制系统的显示装置，目前具有下列几种显示方式：

- 1) 应用发光二极管LED作点列、七笔显示曝光参数和进行告警显示；
- 2) 应用液晶LCD七段作曝光参数和告警显示；
- 3) 以LCD显示胶片感光度值、曝光控制模式、卷片计数、自动调焦工作状态等；
- 4) 以LCD液晶显示所选用程序曲线模式和工作点等。

照相机发展第三阶段的主要技术是实现照相机电子化、IC化、自动化和多功能化，它的核心是光、机、电、计（微处理计算机控制）有机结合、相互促进、相互发展。

第二章 照相机总体设计方法

§ 2-1 近代照相机总体设计与工业设计师、 社会工程学者、工程师的关系

照相机的设计是随着时代的发展而变化的。在照相机开始发展和进行仿制、测绘阶段，设计工作的内容主要是正确了解该照相机的工作原理，通过设计、计算，使照相机总体及各部件均能达到原定技术要求，例如获得清晰的成像、实现各部分功能和动作、尺寸正确配合、解决原机各方面技术要求和实现大批量生产的技术手段等。设计的中心是解决能否达到该照相机的要求，只是竭力使照相机达到原理可行、动作可靠和实现大批量生产。这时的设计工作是由工程师来完成的。

近代照相机是一种现代化的工业产品，尤其当今的照相机已成为光、机、电、计算机、塑料技术等综合技术的产物，照相机作为近代工业综合技术的产品，在设计时已不能单纯由工程师（镜头工程师、机械工程师、电子工程师等）来完成，而应由下列三方面的设计者共同合作。

（1）工业设计师 照相机的工业设计师应考虑照相机的潮流、外观造型、应具有的结构性能、市场预见、色彩等，而且还要对所设计照相机的实用性，例如它的机能、生产率，直到材料、包装、装饰等都应加以考虑。

（2）社会工程学者 社会工程学者是把使用者与照相机作为一个系统来考虑，组成“人-机”系统，担负着为获得最佳机能而应该起的相应作用。例如照相机的大小、手感、握持的方便性和可靠性，即使一个很小的快门按钮、电池合盖的形状、大小，以及卷片手轮和扳手的棱边等，都要达到“人-机”统一，让使用者感觉舒适、使用方便。

（3）工程师 照相机的光学工程师、机械工程师、电子工程师、塑料工程师等所应考虑，则是采纳工业设计师和社会工程学者的意见，如何来实现该照相机的具体设计，使之达到应有的功能、动作和技术性能。

在现代化的设计、研究所和工厂企业里，已经确立了工业设计师、社会工程学者和工程师三者的有机配合和良好的协调关系，但要使他们三者间达到平衡似乎是不容易的。现在工业设计师和社会工程学者的作用都得到了足够的重视。例如照相机的外观设计和功能能否吸引使用者，与工业设计师有很大关系。使用者在选择照相机时，除了性能外，多数人还就能否容易使用掌握等方面进行选择，这对社会工程学方面的要求就显得重要一些。所以要创新设计一台理想的照相机，必须具有上列三方面人员的密切配合，由工业设计师、社会工程学者共同参加照相机的规划设计，然后由各方面工程师一起完成照相机的具体设计。

以往许多创新、设计成功的照相机都是三者密切配合的结晶。但由于种种原因，目前在有些照相机总体设计中缺乏工业设计师、社会工程学者参与工作。为此就必须造就一批照相机工业设计师和社会工程学者，使他们必须彻底从使用照相机的各个角度，熟悉照相机发展