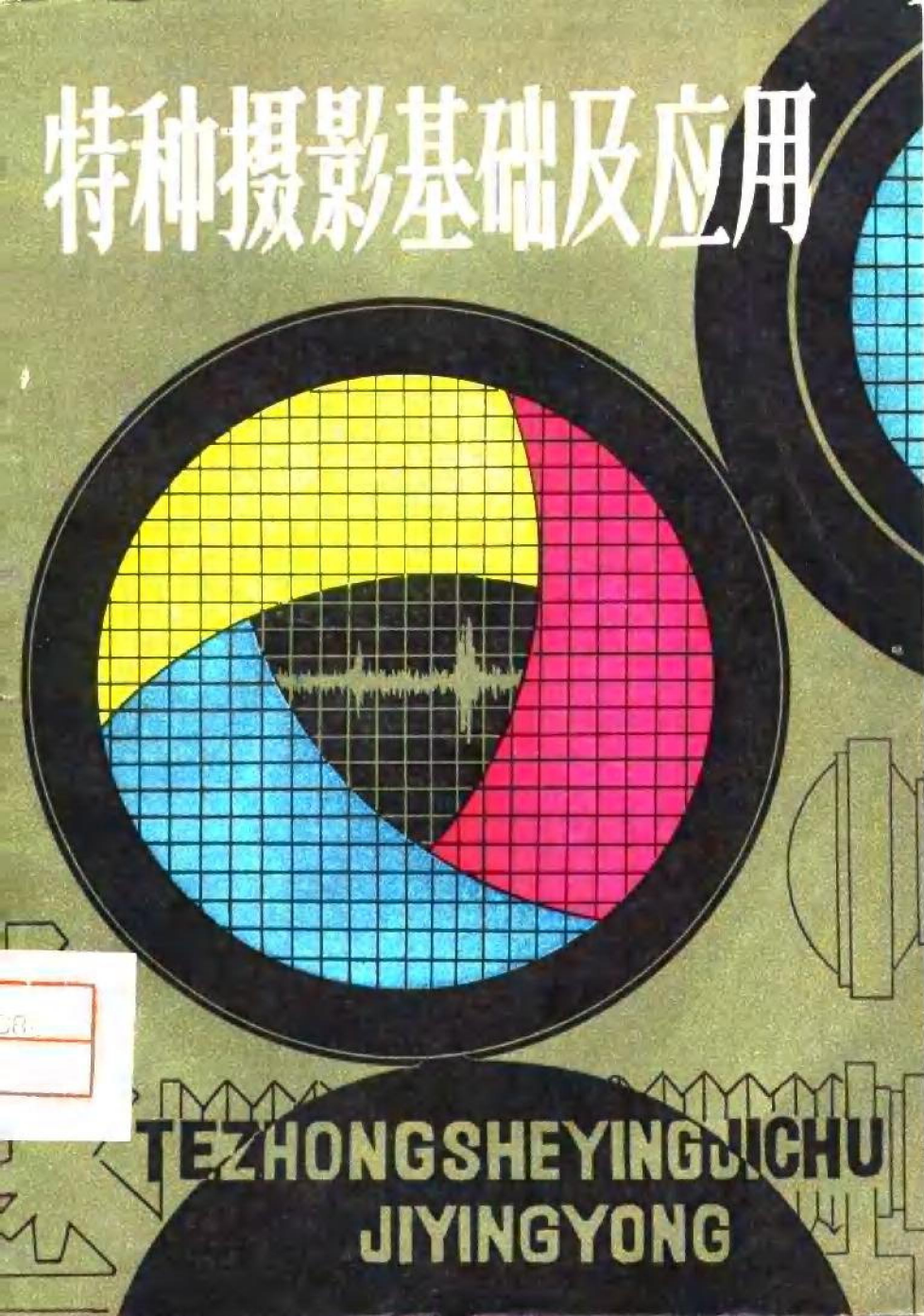


特种摄影基础及应用



CR.

TEZHONGSHEYINGJICHU
JIYINGYONG

12

责任编辑：德 振

封面设计：张若一

特种摄影基础及应用

邱学信 编 著

黑龙江人民出版社出版

(哈尔滨市道里森林街 14-5 号)

黑龙江绥化印刷厂印刷 黑龙江省新华书店发行

开本 787×1092 毫米 1/32·印张 9 10/16·字数 68,000

1980 年 9 月第 1 版

1980 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—16,400

统一书号：8093·609

定价：0.33 元

前 言

这本小册子内容涉及的特种照相技术，是相对卤化银感光材料的普通照相术而言，不是泛指诸如激光全息、超声波、热成象，以及使用非银盐感光材料的特殊照相技术。所谓普通照相，一般指使用常规照相机，黑白或彩色卤化银胶片记录人眼睛所能观察得到的客观景物，给予影调、色彩还原，能基本上再现原景物与色彩。不排除为了突出形象，获得某些艺术效果，或者为观察研究的方便，人为地改变影像反差与彩色亦属于常规照相技术。

在普通照相机中装用具有特殊性能的感光材料，如感红外线胶片，或是利用某些专用装置与附件，如显微镜，偏振片等，拍摄非常规对象的照相术，在工农业生产、科学研究工作中是有力的记录工具与分析手段，能够提供宝贵的信息资料。国内一般照相技术书籍很少有谈到这类照相技术，间或提及亦多是概念性的叙述。编写这一小册子的目的在于介绍此类照相术知识，说明简易器材与基本操作方法，很少涉及理论与公式推导。书中提供的数据，有我们自己的工作经验，也有国外书刊介绍的资料，但多数经过具体验证无误。读者可以参考它们自行进行试验，即便是初次尝试，亦能取得应有效果。

基于水平与工作能力所限，编写时间又极为仓促，错误与不妥之处实属难免，欢迎给予批评指正。

目 录

一 照相光学基础知识	1
1.1 电磁波谱	1
1.2 可见光特性	2
1.3 光源的光谱特性	6
1.4 光度单位	6
1.5 照相镜头术语	8
1.6 常用计算公式	10
二 紫外线及紫外激发荧光照相	13
2.1 紫外线光谱	13
2.2 紫外线光源	14
2.3 紫外照相材料	17
2.4 直接紫外照相	21
2.5 紫外荧光照相	26
三 红外线照相	28
3.1 红外线光谱	28
3.2 红外线光源	29
3.3 红外线照相器材	32
3.4 红外感光材料	34
3.5 超增感	37
3.6 红外光谱增感	37

3.7	直接红外照相	40
3.8	红外荧光照相	41
四	近距离照相	44
4.1	近距离照相光学知识	44
4.2	近距离照相附加镜——近摄镜	48
4.3	近距离照相用接圈	50
4.4	伸缩皮腔与微距镜头	52
4.5	近拍倍率与景深	53
4.6	近距离照相的曝光校正	54
4.7	照明与胶片	56
五	显微镜照相	58
5.1	显微镜概貌与有关术语	58
5.2	物镜的照相特性	62
5.3	光源与照明方法	65
5.4	选择胶片与决定曝光	67
5.5	显微照相设备与组装要点	72
六	偏振光照相	75
6.1	偏振光及其属性	75
6.2	偏光镜与消除反光作用原理	77
6.3	偏光镜的应用	80
6.4	曝光补偿	82
七	荧光屏照相	83
7.1	阴极射线管与电视显像管	83
7.2	荧光屏照相器材	86
7.3	拍摄方法	88

7.4 荧光屏专用胶片	91
八 幻灯片制作	93
8.1 制作幻灯片器材	93
8.2 制作幻灯片感光材料	95
8.3 黑白幻灯片制作	96
8.4 彩色幻灯片制作	98
附 录	
一、几种感光速度对照表	102
二、典型环境照度水平	103
三、常见光源色温	103
四、校正色温滤光片	104
五、安全灯滤光片	105
六、常用显影液配方	105
七、计算一般被摄体曝光时间	106
八、闪光灯曝光指数求法	106
九、常规焦长镜头拍运动体快门速度	106
参考文献	108

一 照相光学基础知识

1.1 电 磁 波 谱

近代物理学确认，光与热辐射、无线电波、X-光、 γ -射线同属电磁波。按着它们的波长或频率顺序排列，便构成如图 1-1 所示电磁波谱。

电磁波谱没有明确的上下界限，相邻区域之间互有重叠，完全是人为的划分成不同波段。划分依据常常是检测器响应

速度(V) = 频率(f) × 波长(λ) = 3×10^8 米/秒
计量单位: 1 微米(μ) = 1×10^{-6} 米
1 毫微米(m μ) = 1×10^{-9} 米
1 埃($\text{\AA}$) = 1×10^{-10} 米
(HZ)

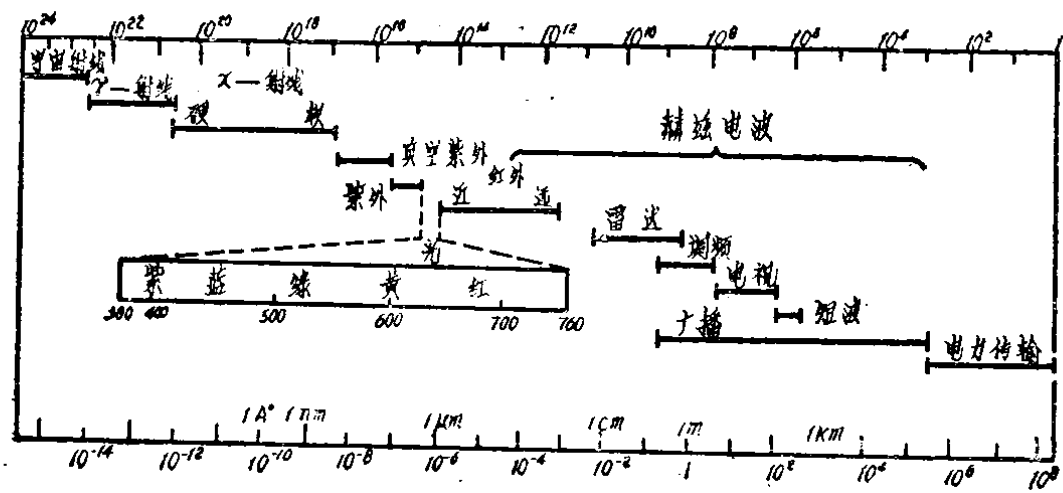


图 1-1 电磁波谱

范围，有些检测器却可能在相邻波段内都有响应，如象热测器从紫外线至热辐射都发生响应。

电磁波以横波形式辐射能量，波长愈短，能量愈大，贯穿力愈强，更多地显示出粒子特性；而长波段区域波动性显著。卤化银感光材料本征感光范围通常是 350~480 毫微米，经染料增感可达 640 乃至 680 毫微米，红外增感后可对长至 13000 毫微米敏感。短波长方向，在真空中感光波长扩展至 200 毫微米附近。卤化银还能感知波长更短的 X-光与 γ -射线，与光子相比它们的能量大得多，被溴化银捕捉的可能性小，感光度相当低。通常将这类高能粒子转变成可见图像再予以记录。

1.2 可见光特性

可见光只占电磁波谱中很小的一段，正常人的视觉大约能看见从 400 毫微米至 700 毫微米这一段电磁辐射。它包括红、橙、黄、绿、蓝、紫等全部色谱，称为可见光谱（表 1-1）

两种色之间没有严格的波长界限，视觉三原色是把可见光谱划分成蓝(B)、绿(G)、红(R)三个区域（图 1-2），与人眼睛色接受器的三个敏感区域一致（图 1-3）

人眼对可见光谱的响应有很大差别（见表 1-1）。正常人视觉最大敏感波长约为 558 毫微米，在它两侧迅速下降。图 1-4 (a) 表示人眼在正常照度下的视觉响应曲线（明视曲线），(b) 是低照度下的视觉响应曲线（暗视曲线）。两条曲线形状相似，但最大敏感峰值错开，后者移至 520 毫微米处，同时

表 1-1 可见光谱的特性

物 理 特 性		主 观 特 性	
波 长 (mμ)	频 率 (周/秒 × 10 ¹²)	颜 色	相 对 亮 度
760	394.8	↑ ↓ 红 ↓ × 橙 ↓ 黄 ↓ 绿 ↓ 蓝 绿 ↓ 蓝 ↓ 紫 ↓	0.00006
740	405.3		0.00025
720	416.7		0.00105
700	428.7		0.0041
680	441.1		0.017
660	454.5		0.061
640	468.8		0.175
620	483.7		8.381
600	500.0		0.631
580	517.3		0.870
560	535.6		0.995
558	537.6		1.0
540	555.6		0.954
520	577.0		0.710
500	599.8		0.323
480	625.0		0.139
460	652.3		0.030
440	681.6		0.023
420	714.3		0.004
400	750.3		0.0004
380	789.2		



图 1-2 三原色光谱图

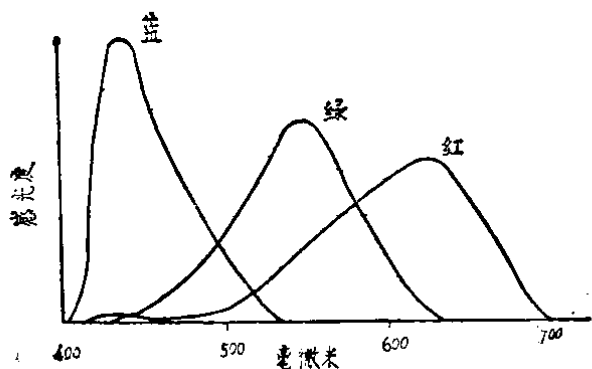


图 1-3 人眼睛三原色接受器
响应曲线

全部敏感范围也向短波方向移动，变为从 380 到 610 毫微米，因此在较暗光线下，红橙色物体显得比蓝绿色物体更暗一些。

可见光谱的上下界限并不固定，超过 700

毫微米与低于 400 毫微米的较强辐射，往往亦能被人感知。人眼睛能够观察的亮度范围极宽， $10^4 \sim 10^{-4}$ 呎-烛光的景物都可以看见。人类的眼睛相当于一架焦距 17 毫米， $f/1.7$ 的小型照相机，在明视距离 25 厘米的最大分辨本领为 10 条线/毫米。

常规卤化银感光材料的光谱敏感范围如图 1-5 所示，图 1-6 为人眼光谱敏感曲线。色盲片只能感受蓝紫光，拍出来

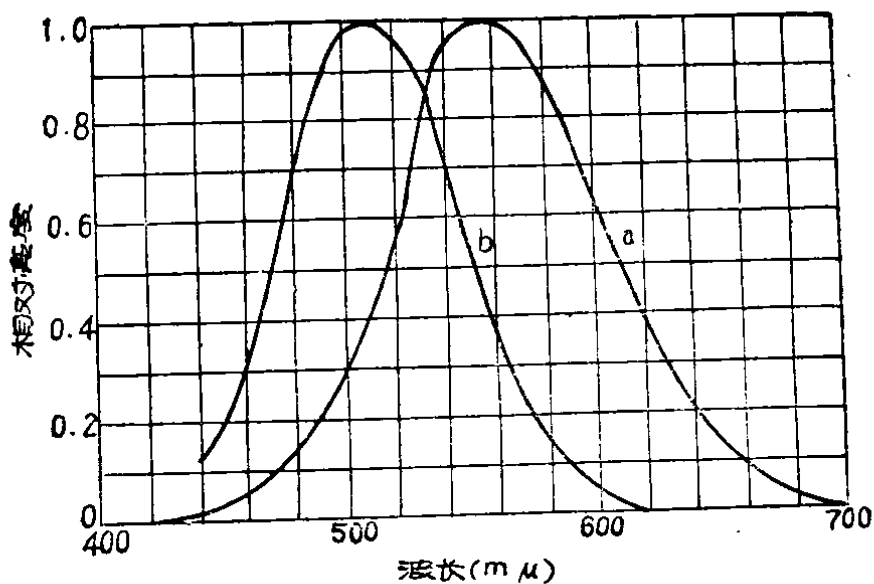


图 1-4 人眼睛的视觉曲线

(a) 正常照度下的视觉曲线 (b) 低照度下的视觉曲线

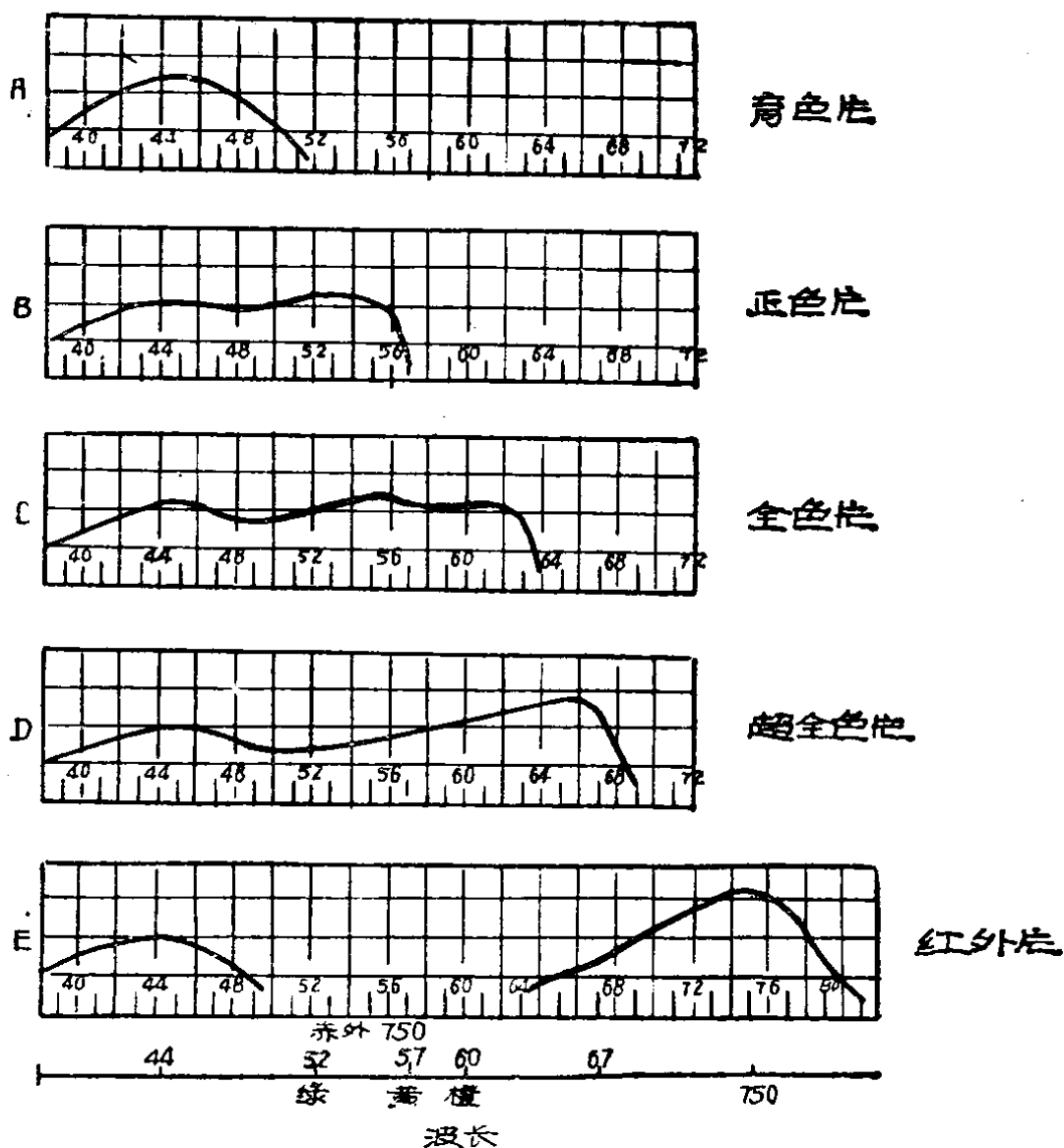
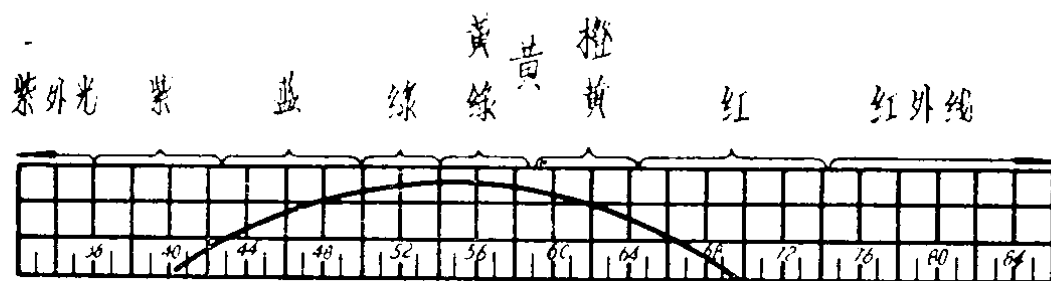


图 1-5 常规卤化银胶片光谱敏感区域



将此图表上标尺的数字乘以10，所得数值就是各种光线的波长，长度单位为毫微米(nm或mμ)

图 1-6 人眼睛光谱响应曲线

的明暗层次，与人眼睛观察到的很不一致。正色片感光范围扩展到黄绿区，全色片能感全部可见光线，能记录下与人眼睛观察相近的明暗层次，但亮度范围被大大压缩了。

1.3 光源的光谱特性

表 1-2 列出几种常规光源的能量分布。从中可以看出多数光源的辐射能，占优势的并不是可见光，即作为可见光源效率不高。

表 1-2 常用光源能量分布

光 源	色 温 (K°)	紫 外 (%)	可 见 (%)	红 外 (%)	峰值辐射 (mμ)
钨 丝 灯 10 瓦	2400	0.005	7	93	1.2
100 瓦	2800	0.2	10	90	1.04
500 瓦照相溢光灯	3400	1.5	30	68	0.85
照 相 碳 弧	7400	4.5	15	80	0.4
太 阳	5500	4	44	52	0.5
电 子 闪 光 灯	6000	5	35	60	0.48
高 压 汞 灯	—	15	45	40	—

表 1-2 中的色温一项，是光源的一个重要属性。彩色照相时必须使光源色温与所用感光材料色温一致，否则便不可能得到正确地色彩还原。光源的色温定义为与绝对黑体辐射光的颜色相同时，绝对黑体的温度。图 1-7 表示绝对黑体相应色温的能量分布，在可见光区色温愈高能量愈大。

1.4 光 度 单 位

(1) 发光强度

光源发光的功率称为发光强度，单位是烛光 (cd)。1 烛光就是当所谓的“绝对黑体”加热到金属铂的熔点 (即 2042K) 时，从它的一平方厘米表面上所发光的 1/60。

(2) 光通量

每秒时间内光流量的辐射能叫作光通量，单位是流明 (lm)。与一烛光的光源相隔单位距离，并与入射光相垂直的单位面积上的每秒钟光通量定义为一流明。

(3) 照度

入射到某表面上的光通量密度称为该表面的照度。每单位面积上的流明数便是它的照度，常用单位勒克司。1 勒克司 = 1 流明/米²

(4) 亮度

表示物体单位表面发光的量度，单位烛光 (cd)/m²。光可以由一个面光源直接辐射出来，也可以由入射光照射下的某一表面反射出来，亮度对两者都适用。

(5) 曝光量

照相曝光量定义为胶片接受到的照度与作用时间的乘

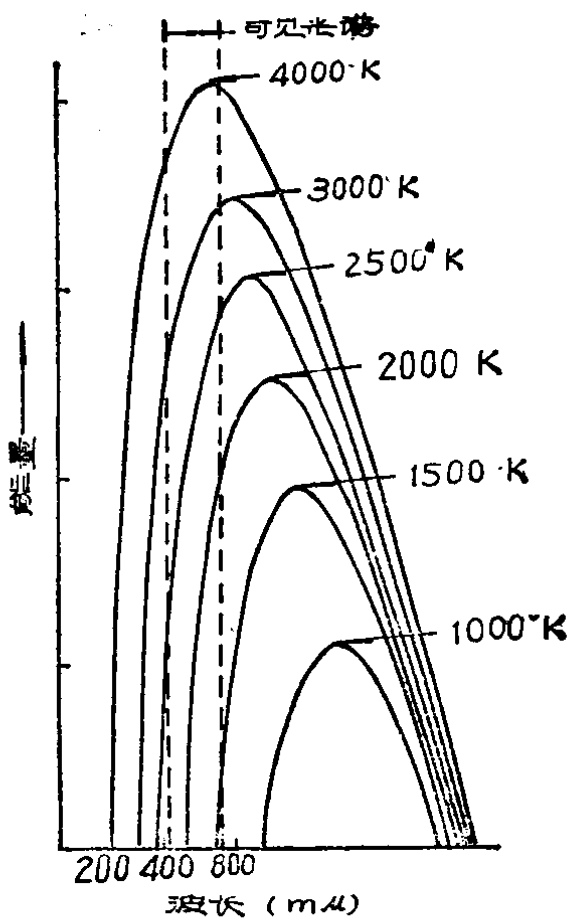


图 1-7 绝对黑体的能量分布

积，单位勒克司一秒。

图 1-8 表示烛光，流明与照度间的关系。

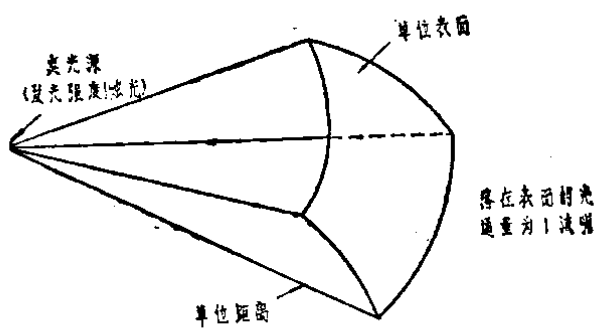


图 1-8 发光强度烛光与光通量、照度的关系

1.5 照相镜头术语

(1) 焦距

无限远的光线透过镜头结像于焦平面上，镜头主焦点至焦平面间距离为镜头焦距。图 1-9 中 f 为镜头焦距， D 为镜头口径。

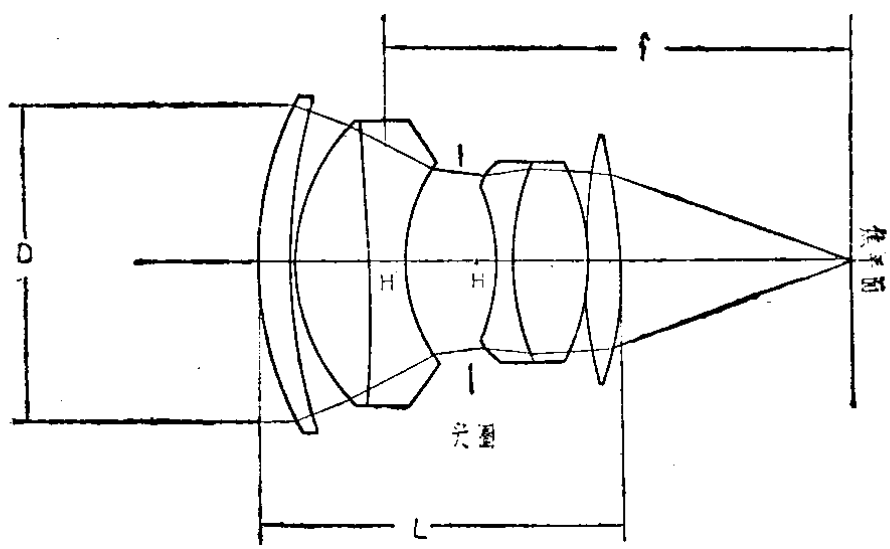


图 1-9 照相机镜头焦距与口径

(2) 口径与光圈

镜头的直径 D 与焦距 f 之比称作镜头有效口径。显然比值越大，焦平面上得到的亮度越大 (f/D 的数值越小)。

$$D/f = \frac{1}{\frac{f}{D}} = 1:f/D$$

f/D 定义为光圈，国际上规定一组数字 1.2, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32 代表光圈。光圈值越大， D/f 有效口径越小，则焦平面上得到的亮度越低。相邻两级光圈透光量相差一倍，即光圈 8 比光圈 5.6 通过的光线少一档。标记 $F/2.8$ ，表示有效口径 $D/f = 1:2.8$ ，即焦距 f 是口径 D 的 2.8 倍。也可以说口径 D (即最大光圈) 等于该镜头焦距 f 的 2.8 分之一。

(3) 景深

目标聚焦后，位于目标前后一定距离内的景物，在焦平面上也能清晰成象。清晰成象的距离称为景深，在目标前方的是前景深，位于目标后方的是后景深。分别可用公式求出：

$$\text{前景深} = \frac{d \cdot F \cdot a^2}{f^2 + dFa}$$

$$\text{后景深} = \frac{d \cdot F \cdot a^2}{f^2 - dFa}$$

F = 光圈数值

f = 镜头焦距

a = 物距

d = 常数 (0.035mm)

可见光圈越小 (F 值越大)，景深越大。同一级光圈，镜

头焦距 f 越短，景深越大。物距越远，景深越大，而且后景深较前景深大。

(4) 拍摄角

图 1-10 表示镜头调校无限远时，镜头的主焦点与画面框所形成的角度 θ 是拍摄角。可以分别以对角线，水平或垂直方向计算。镜头通常以拍摄角分类为标准镜，广角镜与远摄镜。在拍摄角内，镜头能拍摄出清晰的影像。

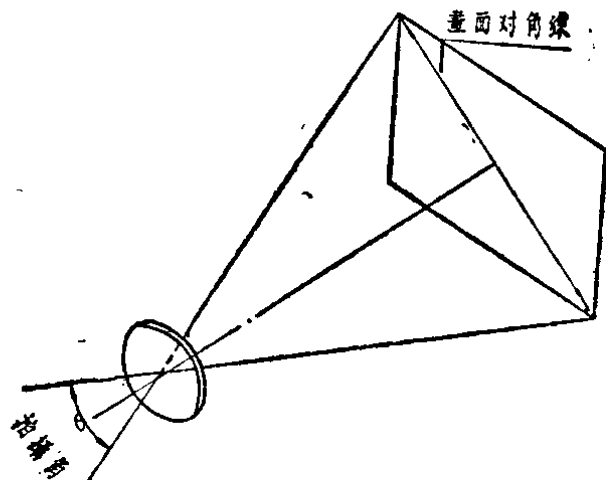


图 1-10 镜头拍摄角示意图

图 1-11 为拍摄 135 画幅相机 (24×36 毫米)，各类镜头的拍摄角与镜头焦距。

一般按拍摄角分类相机：鱼眼镜 $f = 7.5 \sim 15$ 毫米；超广角镜 $f = 17 \sim 24$ 毫米；广角镜 $f = 28 \sim 35$ 毫米；标准镜 $f = 40 \sim 65$ 毫米；远摄镜 $f = 70 \sim 300$ 毫米；超远摄镜 $400 \sim 1200$ 毫米。

1.6 常用计算公式

对于普通标准镜头，以前镜片至后镜片之间的中点位置

焦距与拍摄角

拍摄角(对角线)

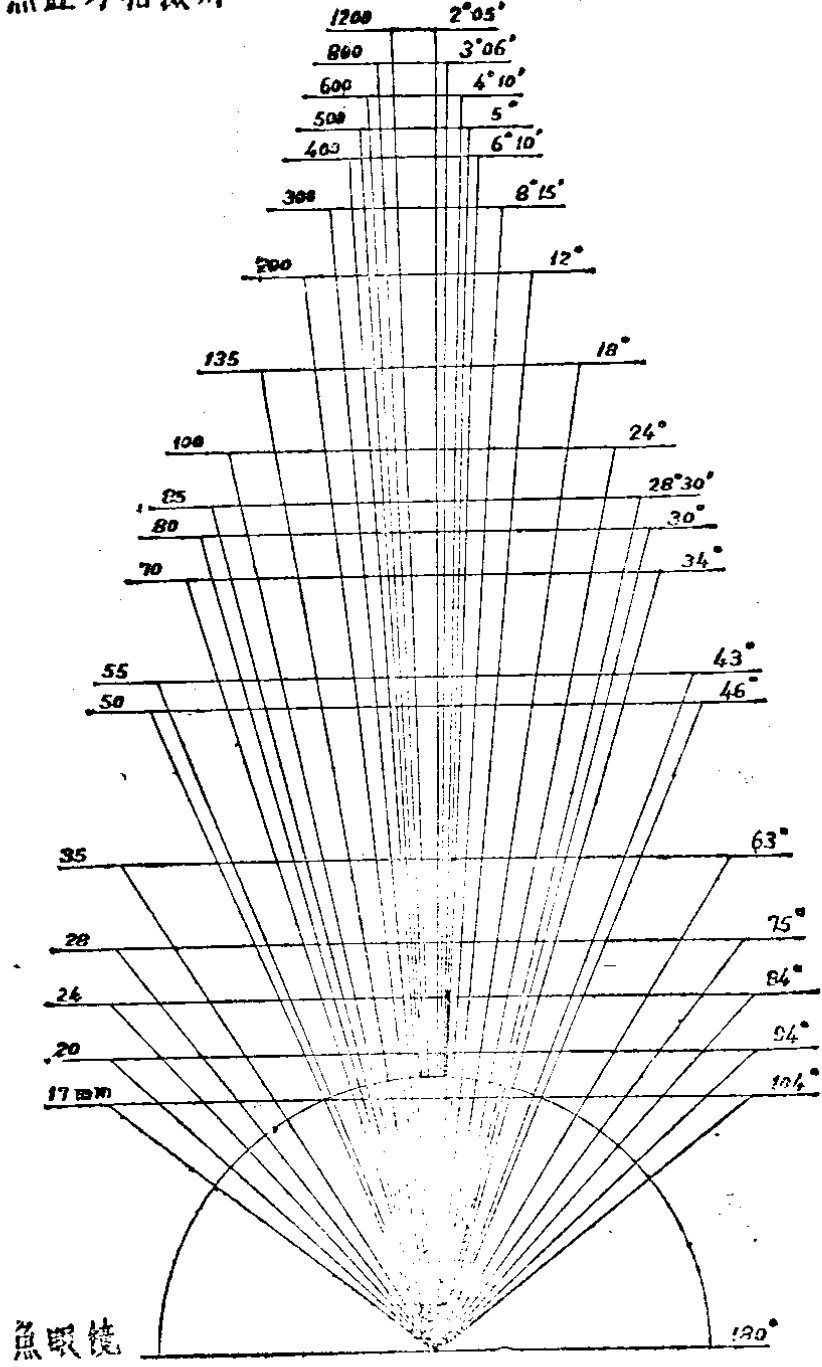


图 1-11 镜头焦距与拍摄角

来测量物距与像距，实际上已足够精确。

m = 放大倍数
h = 被摄体高

u = 物距
f = 镜头焦距