

中等专业学校試用教材

摄影学

地质部南京地质学校航空摄影测量教研组編



中国工业出版社

中等专业学校試用教材



摄影学

地质部南京地质学校航空摄影测量教研组編



中国工业出版社

本书论述摄影及摄影处理过程的基础理论和实践,并结合航测生产需要,介绍了航空摄影处理的有关仪器、方法和配方。其主要内容包括:摄影光学机械原理;感光材料及其特性;一般摄影技术;正、负片处理过程及其加工;彩色摄影概述等部分。

本书可供测绘专业中等技术学校学生及有关技术人员学习参考。

摄 影 学

地质部南京地质学校航空摄影测量教研室编

*

国家测绘总局测绘书刊编辑部编辑(北京 国家测绘总局)

中国工业出版社出版(北京朝阳门内大街)

(北京市书刊出版业、印刷业、发行业登记证出字第110号)

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本250×1168 1/32·印张4¹/₂·字数117 000

1963年3月北京第一版·1963年3月北京第一次印刷

印数0001—1,180·定价(9-4) 0.59元

*

统一书号: K15163 1286 (测绘-13)

前 言

本书是根据1958年教育革命后我校所編的摄影学教学大纲編写而成的。

本书可作为中等专业学校航空摄影測量专业摄影学課程的試用教材及从事空中摄影地面冲洗工作和地面摄影技术人員参考。

全书內容共分：概論、摄影的光学机械原理、感光材料及其特性、一般摄影、負片的处理过程、复照过程、負片的减薄与加厚、正片的处理过程、*包摄影概述与九章。內容結合了航空摄影測量生产的需要，叙述各种主要方法的基础理論与实践。

本书由刘学同志負責編写。但由于編者业务水平的限制，其中难免有錯誤之处，敬希讀者随时提出宝贵意見，以便修正。

本书編写的主要参考书：

1. 摄影与空中摄影学 武汉測量学院航空摄影教研室編
2. 摄影学与空中摄影学 В.Я 米哈依洛夫 1960年中譯本。

地质部南京地质学校航空摄影測量教研组

1952.1.9

目 录

前言

第一章 概 論	1
§ 1 摄影的一般过程	1
§ 2 摄影在科学技术中的应用	2
第二章 摄影的光学机械原理	3
§ 3 摄影机的基本构造	3
§ 4 透镜和透镜的特性	4
§ 5 透镜的构造误差与其消除的方法	8
§ 6 物镜的焦距	13
§ 7 相对孔径和透光力	15
§ 8 光栏和景深	17
§ 9 物镜的视角和视场	22
§ 10 物镜的分解力	24
§ 11 摄影快门	25
§ 12 对摄影物镜的要求及其清洁和保存方法	29
§ 13 摄影机的种类	31
第三章 感光材料及其特性	32
§ 14 感光乳剂	37
§ 15 感光材料的增感	39
§ 16 安全灯	42
§ 17 感光材料特性的测定	43
§ 18 感光度	48
§ 19 反差和反差系数	50
§ 20 露光宽容度	52
§ 21 感光材料的保存	57
§ 22 滤光片	58
第四章 一般摄影	62
§ 23 一般摄影规则	62
§ 24 露光时间的确定法	63

第五章	負片的处理过程	68
§ 25	显象的理論	68
§ 26	显象液的組成葯剂及其作用	69
§ 27	显象液的配方	74
§ 28	显象液的温度与显象時間的关系	79
§ 29	显象液的消耗	80
§ 30	定影的目的及定影液中各葯剂的作用	81
§ 31	定影液的配方	82
§ 32	定影液的力量	85
§ 33	航摄負片的显象作业法	86
§ 34	負片的水洗	93
§ 35	負片的晾干	95
第六章	复照过程	96
§ 36	原图的种类	96
§ 37	复照仪	97
§ 38	复照的光源和感光材料的选择	99
§ 39	复照的技术	100
第七章	負片的减薄与加厚	105
§ 40	負片质量的評定	105
§ 41	負片的减薄与加厚	107
§ 42	感光材料的变形	113
第八章	正片的处理过程	116
§ 43	印象紙的选择和露光時間的确定	116
§ 44	接触印象与投影印象	118
§ 45	在硬底板上裱糊象紙	128
§ 46	正片的調色	131
§ 47	鉄盐印象	133
§ 48	重氮化合物印象法	135
第九章	彩色摄影概述	136
§ 49	色視覚理論	136
§ 50	三层乳剂的彩色摄影法	137

第一章 概 論

借光学上透镜的构象原理，在安放于摄影机内的含有感光物质的感光层上起作用而形成被摄物体的影象过程，叫做摄影。研究摄影过程一切工作的理论和操作方法，叫做摄影学。而空中摄影学，除了研究上述的一般内容以外，还得考虑到空中摄影的特殊条件以及专门目的对摄影成果的特殊要求；如果对航空摄影测量而言，就是要研究如何能获得合乎航空摄影测量要求的清晰而精确的测图和判读资料（航空负片和航空正片）。

§ 1 摄影的一般过程

利用摄影方法获得景物的影象，则必须利用摄影机来获得被摄物体的光学影象。摄影机是一个不透光的盒子（镜箱），其一面装有物镜，物镜是摄影机的主要部分，利用它能在镜箱的后壁上构成所摄物体的倒立实象。镜箱后壁上一般装有毛玻璃，在毛玻璃平面上可得到被摄物体的影象。

为了在毛玻璃平面上能取得清晰的影象，可移动物镜或毛玻璃平面，以改变毛玻璃至物镜之间的距离。当调整到毛玻璃上的影象十分清晰后，将毛玻璃取下，在它的位置上换以感光片，这种感光片是事先在暗室内装在一个不透光的带有活动抽板的暗匣内。

摄影时，对准景物之后先用物镜盖将物镜遮住安上暗匣，然后抽出暗匣的抽板，进行露光，其露光时间的长短取决于感光片的感光度和被摄景物的照度等。在露光的这一段时间内，被摄景物经过物镜投射到感光片的感光层上。

涂布在玻璃板或赛璐珞片上的感光层是一层很薄的、含有银盐（溴化银）结晶体的明胶。银盐受光后便还原分析出金属银（ $\text{AgBr} + h\nu \rightarrow \text{Ag} + \text{Br}$ ），光作用愈强，则金属银分析的数量愈

多。于是在感光层上，金属銀便构成了所摄景物的影象。銀的数量与摄影景物上的不同亮度成正比。影象是由极小的金属銀微粒組成，在感光片上是看不見的，这种看不見的影象称为“潜象”。

潜象可以用显影的方法得到可見的影象，就是在暗室中将已露光过的感光片，浸入专门配制的显象液內之后，感光片上受光作用的部分，就出現黑色影象，影象的黑度随显象时间的增加而逐渐加深。至适当黑度終止，再放入定影液內，溶去残留的溴化銀，便可获得稳定可見的影象。象片在定影結束以后，为了从乳剂层上清除残留的定影溶液，須充分的水洗；而后使之晾干。

其显影、定影、水洗和晾干，使底片上得到可見影象的过程称为負片处理过程。通过負片处理过程所获得的影象称为負象（負片），因为物体上光亮部分，在負片上呈黑色，而阴暗部分則是較透明的。

利用負片可以制成正片，也就是将象紙感光层对着負片的感片层（药面），然后照明負片，此时光綫通过負片在象紙的感光层上起光化作用而构成潜象。以后用处理負片同样的过程，使它还原为可見影象。这个过程称为正片晒印过程。正片过程所获得的影象称为正象（正片）。正片所得影象的色调与負片相反，而与被摄物体的亮度比較恰好相应。所以正象就恢复了被摄物体的影象。

§ 2 摄影在科学技术中的应用

摄影的应用是随着时代的发展而发展，就目前情况來說，它的应用范围已是非常广泛而重要了，它已是各种科学技術研究中不可缺少的重要工具。如天文上用对星球的摄影来代替人們肉眼的观察；物理、化学和生物学等科学对微小結構和組織的研究；工业企业中生产材料的結構和組織的研究；医学上用肉眼不能观察的内部組織病害的診斷；在印刷工业中插图和其他的摄影制版都靠摄影进行，不久的将来将要应用摄影排字以代替手工和机械排字。

空中摄影在国民經济中的作用更是重要。因为它能为各經济部門提供精确的編制地图和計算用的基本原始資料——航空象片。

摄影还应用于传播文化，宣传党的方針、政策。軍事方面的偵察敌情等。所以不論在科学上、文化上、軍事上和經济建設上摄影都起着巨大的作用。

第二章 摄影的光学机械原理

§3 摄影机的基本构造

摄影机是用来使物体在感光材料表面上构成光学影象的工具。其形式很多，但基本构造則是一样的。图1为摄影机的基本构造略图。其主要部分为：带有物鏡2的前框架1，带暗匣部分的后框架3和联結前后框架的蛇腹5。在后框架里装有供观察所摄物体使用的检影毛玻璃4，当露光时，把它取下，并换上装有感光材料的暗匣。用蛇腹可改变毛玻璃与物鏡之間的距离以滿足取得清晰光学影象的条件，并能防止非經物鏡的光綫从旁側进

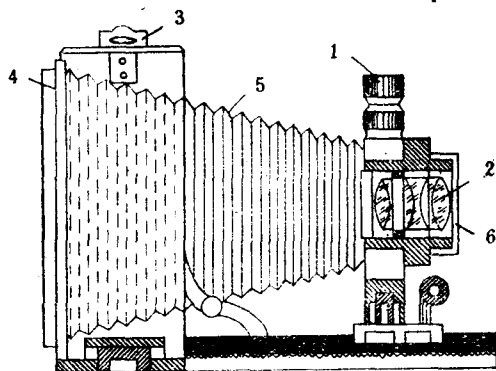


图1 摄影机构造略图

1—前框架；2—物鏡；3—后框架；4—毛玻璃；5—蛇腹；6—物鏡罩或快门

入。在物鏡的前面是物鏡罩或快門，其作用是控制感光材料受光量的多少。除了这些主要的部分以外，摄影机上还有很多其他零件。

图 1 所示的摄影机可将物鏡框架、暗匣框架与蛇腹牢固的联结在一起，利用物鏡的移动来达到影象的清晰。

另外有很多现代化的摄影机不装毛玻璃，而利用测距器来达到影象的清晰条件。

§ 4 透鏡和透鏡的特性

由上面的講解，我們知道物鏡是摄影机的主要部件。所摄得影象的大小与质量好坏，主要是决定于物鏡的性能。

透鏡是由玻璃、水晶、火石等透明物质所制成，以两个球面为界限的透明体。因其中央与边缘厚薄度不同可分凸透鏡与凹透鏡。中央凸出的是聚光透鏡，凹进的是发散透鏡；按其形式又可分为六种，如图 2 所示： a 为双凸透鏡， b 为双凹透鏡， c 为平凸透鏡， d 为平凹透鏡， e 为凸透鏡， f 为月凹透鏡。

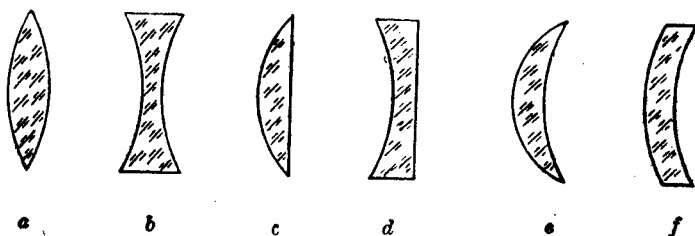


图 2 各种透鏡形式

由凸透鏡或凸凹透鏡所組合而成，并能构成被摄物体实象的光学系統叫摄影物鏡。

一个凸透鏡可認為是最简单的摄影物鏡。

透鏡二球面中心的联綫叫做主光軸，通过透鏡中心的其他任何光綫叫輔助光軸，如图 3。

主光軸与二球面的交点如图 3 的 K_1 和 K_2 ，叫做透鏡的頂

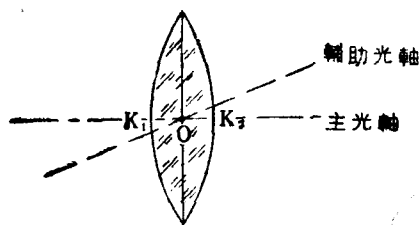


图 3 主光轴和双凸透镜的光学中心

点。

所有平行于主光轴的光线经透镜射出后与主光轴的交点称主焦点，如图 4。

主焦点分后主焦点 F' 和前主焦点 F 。后主焦点为由被摄物体空间发出的平行于主光轴的光线所会聚的点。

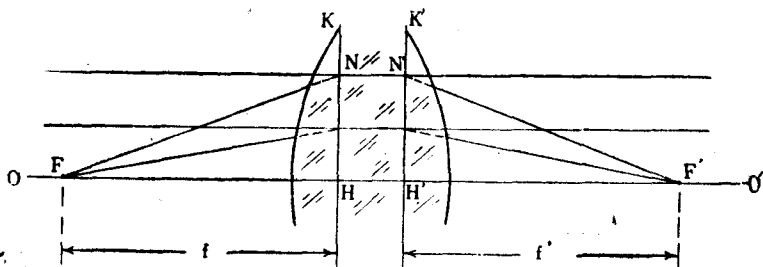


图 4 双凸透镜中的主平面

根据图 4 可以求出射入透镜的平行光线与由透镜折射出光线的交点 N 和 N' ，通过这两点作两垂直于主光轴的平面 K 和 K' ， K 平面称前主平面， K' 平面称后主平面，它们与主光轴的交点称为前主点 H 和后主点 H' 。

主点有一特性，即凡通过主点的入射光线，经过透镜后，不论透镜的折射率如何，其出射光线的方向恒与入射光线的方向平行。

透镜主点至主焦点的距离称为主焦距。相应于前后主焦点的焦距分别以 f 和 f' 表示。

焦距的数值是取决于透镜的折射率和透镜的曲率半径，表示该关系的公式如下：

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right). \quad (1)$$

式内 n 为透镜的折射率； R_1 和 R_2 为透镜第一表面和第二表面的曲率半径。

焦距的倒数叫做透镜的焦度，即 $\varphi = \frac{1}{f}$ ；它用折光度来表示。它可以表示出透镜的集结或发散光线的本领。所谓一焦度就是透镜的焦距为 1 米时，它的折光度：

$$\text{例 } f = 13.5 \text{ 厘米, 则焦度 } \varphi = \frac{100 \text{ 厘米}}{13.5 \text{ 厘米}} = 7.4$$

由两个透镜组成的光学系统，其焦度 φ 为：

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 - \varphi_1 \varphi_2 d \quad (2)$$

式内 φ_1 和 φ_2 为该两单独透镜的折光度， d 为两透镜之间的距离以米为单位。

现在有些摄影机是根据上述关系，利用附加透镜前后移动来改变焦度，以获得新的光学系来满足清晰影像的共轭关系。通常在使用附加透镜时，要应用相应的各种数据表。

在摄影时，常常需要计算。例如确定毛玻璃与物镜的相关位置，计算放大倍数或缩小倍数以及其他等等。为了便于这些计算可以应用透镜公式：

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{D} + \frac{1}{d}. \quad (3)$$

式内 f 为主焦距， D 为物体至物镜之间的距离， d 为物镜至影像之间的距离。

根据公式 (3) 可知：若 D 值逐渐增大，则 d 逐渐减小。当 D 增到某一个相当大的数值时，若继续将其增大，则仍不影响到影像的清晰，该物距即叫做实际无穷远的开始距离，此时，可知当 $D = \infty$ ，则 $d = f$ ，而在毛玻璃上获得的影像为缩小影像。

根据公式 (3)，若 $D=2f$ ，则 $d=2f$ ，即影象离开透镜的两倍焦距的地方，影象的大小与物体相等。

若 $D=f$ ，那么 $d=\infty$ ，也就是说物体至透镜的距离等于主焦距时，则在毛玻璃上不可能构成影象。当所摄物体至透镜的距离小于焦距时，则象距为负值，也同样在毛玻璃上不能构成影象。

根据公式 (3)，若知道其中两个数据便可按公式求出第三个数值，为计算方便将公式 (3) 化为：

$$\left. \begin{aligned} f &= \frac{D \cdot d}{d + D} \\ D &= \frac{D \cdot f}{d - f} \\ d &= \frac{D \cdot f}{D - f} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

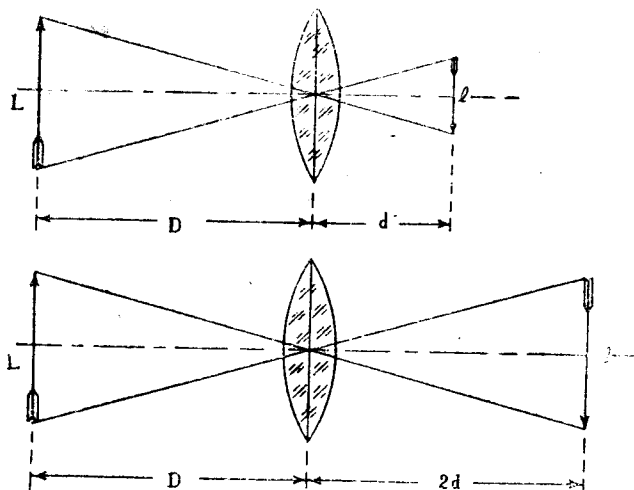


图 5 影象比例尺

由 (图 5) 看出：物体的长度 L 相应于象片上的影象长度

l ，它们的比值 $\beta \left(\frac{l}{L} = \beta \right)$ 叫做放大率；若 $\beta > 1$ ，则影象放

大，若 $\beta < 1$ ，則影象縮小。

由 D 、 d 和 f 數值的关系式(3)，可以分別导出 D 、 f 、 β 及 d 、 f 、 β 三者之間的关系式。

$$\text{因为} \quad \beta = \frac{l}{L} = \frac{d}{D},$$

$$\text{所以} \quad \frac{1}{D} = \frac{\beta}{d} \quad \text{或} \quad \frac{1}{d} = \frac{1}{D\beta}。$$

把 $\frac{1}{D} = \frac{\beta}{d}$ 代入透鏡公式(3)得：

$$(\beta + 1) = \frac{d}{f},$$

$$\text{即} \quad d = f(1 + \beta)。 \quad (5)$$

同样把 d 的等值 D 、 β 代入透鏡公式，則得：

$$D = f \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)。 \quad (6)$$

因此，如果 f 和 β 已知，就可以分別应用(5)和(6)式算出 d 或 D 的数值。

§5 透鏡的构象誤差与其消除的方法

摄影机最重要的部分就是物鏡，如果物鏡质量不好，拍摄出来的影象就会有不清晰、变形等現象。而物鏡是由透鏡組成的，任何一个物鏡都不可能构成完全正确的光学影象。为了改善影象的质量，摄影机的物鏡通常是由两个或更多的透鏡組合而成。

現在我們簡單的来研究一下透鏡的构象誤差与消除方法。

同一物平面上的每个物点发出来的一切光綫，通过透鏡后，不能在同一象平面上构成各个象点，或者不保持相似关系，这种現象称为构象差。現分述于下：

1. 球面象差：由于平行于主光軸前进的光綫因离开主光軸的距离不同而在通过透鏡时产生了不同的折射而引起的。我們可以把透鏡看成是由許多基本稜鏡所构成的，其中每个稜鏡的稜鏡

角 α_1 、 α_2 、 α_3 都不等(图6),因为边缘稜鏡角最大,所以通过透镜边缘部分的光綫折射程度較大,而通过透镜中心部分的光綫則折射程度較小;因此稜鏡的每一个环形帶都有其自己的焦点,这种不能构成清晰影像的原因,是由于透镜表面为球面而引起,故称球面象差。

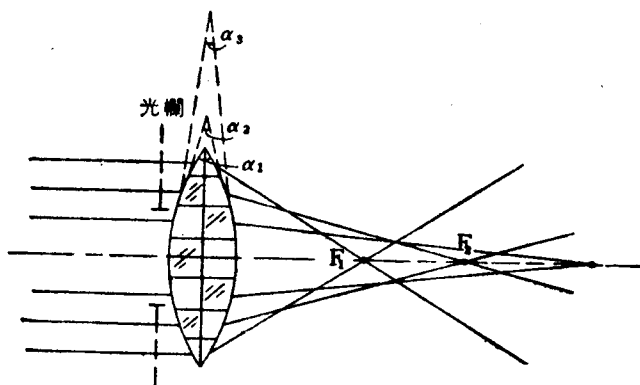


图 6 球面象差

摄影镜头一般均为球面的,因此,不可避免地都要产生球面象差,为了要使它减小到人眼不能辨别的程度,可利用凸透镜与凹透镜的球面象差方向相反的原理,采用这二种透镜适当组合方法来消除。此外,还可利用光栏的作用,即摄影时缩小光栏,以减少物鏡表面的透光部分,可使近焦点 F_1 消除(图6),而光綫集中于 F_2 点,这能大大地减小球面象差。

假如光綫傾斜于主光軸前进,則象差的形状不再是散开的圓点,而变成彗星状(梨状的尖图形)(图7),这样的象差叫做彗形象差。

已消除球面象差与彗形象差的光学系統叫做消球差光学系統。

2. 色象差: 当一白光通过透镜射于毛玻璃上时,該光点的影像为繞成虹彩色圓环的光斑,若沿光軸稍微移动毛玻璃,則圓环上内外两层顏色(藍色和紅色)的位置就会彼此調換。这种現象

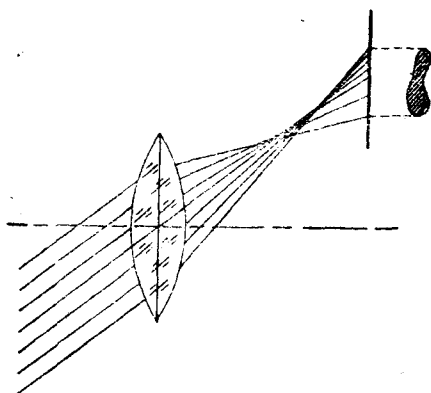


图 7 球形象差

称为色象差，它会使负片上的影象变得不清晰。

色象差是由于各种波长光线的折射率不同所引起的，即一条白光通过透镜后，由于折射率不同便分散成多条色光，蓝色光线的折射率最大，红色光线折射率最小，所以对于同一透镜而言蓝色光线的焦距较短，而红色光线的焦距则最长（图 8），其余各

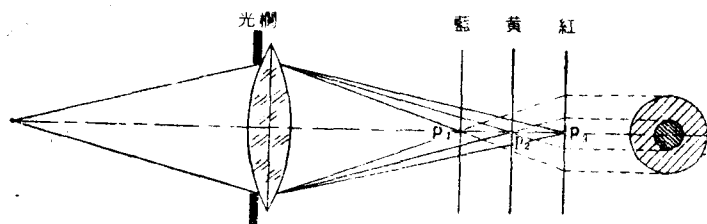


图 8 色象差

色光的焦点处于中间位置。通常在对光时采用了光谱中对眼睛最敏感的中間部分光线（黄色），但蓝色光线的光化作用力最强。由于这样矛盾的结果使影象变成不完全清晰了。

为了把色象差减小到使人眼不能察觉的程度，通常应用折射率大的玻璃制成的凹透镜与折射率小的凸透镜配合组成物镜。

根据色象差消除的程度不同，可分为：只使紫色与黄色光线的焦点接近（ $\lambda = 4341 \text{ \AA}$ 即氢线 G 和 $\lambda = 5893 \text{ \AA}$ 即钠线 D）的消

色差物鏡和使紅光 ($\lambda=6867 \text{ \AA}$ 即 B 綫或 $\lambda=6563 \text{ \AA}$ 即 C 綫) 的焦点也与其接近的高消色物鏡。

由于近来应用紅外光摄影的发展, 某些物鏡对紅外光 (例如对 $\lambda=810m\mu$) 的焦点也要改正。当必須利用高消色鏡頭 不改变鏡箱所对的焦点在紅外光帶內摄影时, 可应用改正滤光片。这种滤光片, 按其顏色来說是与紅外光摄影用的普通滤光片一样, 但其形状为一长焦距 (6—30米) 的凸透鏡。

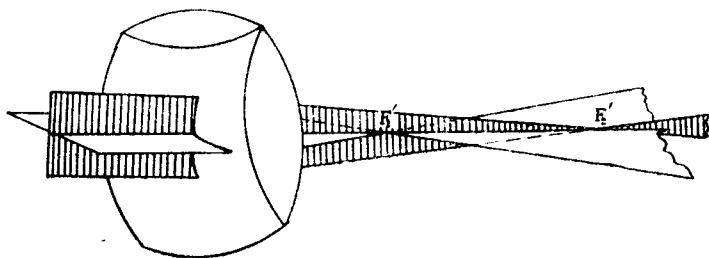


图 9 象散性

3. 象散性: (图 9) 这种象差表現在一物点所发射之光綫通过透鏡后, 能产生两个象距的象点, 即有二个焦点, 其中一个焦点 F'_1 是由横向射入光綫所形成; 另一个焦点 F'_2 則由縱向射入光綫所形成。所以在毛玻璃上检影时, 当横向的光綫清晰时, 則垂直方向的光綫不清晰; 垂直的光綫清晰时, 横向的光綫則不清晰。这种象差的产生是由于透鏡的横向和縱向曲率半径不一致所引起的, 其两焦距之差称为象散差。

为了消除象散差, 必須适当的选择透鏡的曲率半径、厚度、折射率和透鏡間的距离。

4. 畸变差: 畸变差与所有上述各种象差都不同, 它表现在物点的构象产生移位, 因而破坏了物、象的相似关系, 致使直綫的构象, 在象面变为曲綫 (图10)。变形后象点至主光軸之距离 (象点半径) 与其应有的距离之差称为畸变差。

这种象差与光栏的存在和其位置有关。其消除的方法是: 将