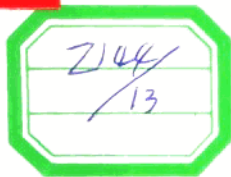




學 影 攝

(中等技術科講義)



攝 影 學

(中等技術科講義)

國 家 測 繪 總 局

一九五六年八月於北京

目 錄

第一章 攝影的一般概念

§ 1 攝影學的研究對象	(1)
§ 2 攝影上的物像關係	(1)
§ 3 光化學反應	(4)
§ 4 顯像作用	(5)
§ 5 定影作用	(5)

第二章 攝影機和攝影機鏡頭的光學問題

§ 6 攝影機的種類和構造	(6)
§ 7 組成鏡頭的透鏡	(9)
§ 8 光圈	(10)
§ 9 快門	(11)
§ 10 鏡頭的相對孔徑	(12)
§ 11 鏡頭結像的模糊圈	(13)
§ 12 鏡頭的景深	(14)
§ 13 鏡頭的景角和景場	(16)
§ 14 鏡頭的像角	(18)
§ 15 鏡頭的分解力	(19)

第三章 感光材料及其性能

§ 16 感光乳劑	(20)
§ 17 感光片的色感性	(21)
§ 18 安全燈	(24)

§ 19	陰片的黑度及其與受光量的關係	(25)
§ 20	露光寬容度	(28)
§ 21	黑度與顯像時間的關係	(30)
§ 22	反差和反差係數	(31)
§ 23	感光度	(34)
§ 24	藥膜的分解力	(35)

第四章 濾光片

§ 25	光的成份	(36)
§ 26	物體的顏色	(37)
§ 27	濾光片的種類及性質	(37)
§ 28	濾光片的應用	(38)
§ 29	濾光倍數	(41)

第五章 攝影

§ 30	室外攝影法	(42)
§ 31	室內攝影法	(49)
§ 32	運動物體攝影法	(52)

第六章 顯像

§ 33	顯像理論	(54)
§ 34	顯像液的組成	(55)
§ 35	顯像劑	(56)
§ 36	加速劑	(57)
§ 37	保持劑	(58)
§ 38	抑制劑	(60)
§ 39	顯像液的配方	(61)
§ 40	顯像液的溫度與顯像時間的關係	(63)
§ 41	顯像液的消耗	(64)
§ 42	顯像時間與露光時間對影像質量的影響	(65)

§ 43 特種顯像法	(67)
§ 44 濕板顯像法	(69)

第七章 定影

§ 45 定影的目的及定影液中各藥劑的作用	(71)
§ 46 定影液的種類	(73)
§ 47 定影的時間	(75)
§ 48 定影液的力量	(76)

第八章 水洗和乾燥

§ 49 水洗的目的和方法	(77)
§ 50 陰片的乾燥	(78)

第九章 陰片的減薄與加厚

§ 51 減薄	(80)
§ 52 加厚	(83)

第十章 印像與調色

§ 53 銀鹽印像法	(86)
§ 54 鐵鹽印像法	(93)
§ 55 陽像的調色	(95)

附 錄

§ 56 陳舊印像紙的補救方法	(97)
-----------------------	--------

攝影學

第一章 攝影的一般概念

§ 1 攝影學的研究對象

攝影係利用光學上透鏡的構像原理、感光物質的光化學反應以及感光後的感光物質的還原作用以製成與景物畢肖的影像，攝影學即係研究這一工作的理論與技術的科學。

§ 2 攝影上的物像關係

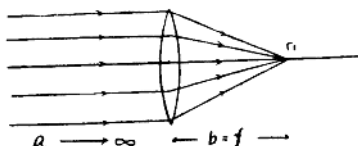
攝影時，物體至透鏡的距離（簡稱物距）、影像至透鏡的距離（簡稱像距）和透鏡的焦點至透鏡的距離（簡稱焦距）根據光學上透鏡的構像原理，它們具有下式的關係：

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \dots\dots\dots (1)$$

式中 f 表示焦距， a 表示物距， b 表示像距，物距與像距合稱為共軛距離，也就是說任何物像的共軛距離和透鏡的焦距均須滿足上式關係其影像才是清晰的。

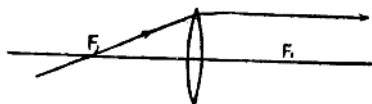
在(1)式中，如果物距很遠時， a 值可以無限大視之，這時像距 b 便等於焦距 f ，故平行光線相交於焦點 F （見第一圖），而物距很大的物體，其像結於焦面（過焦點而垂直於光軸的平面）上。

第一圖



若 a 等於 f ，則 $b \rightarrow \infty$ ，故位於焦面的物體，其像在無限遠，也就是說通過焦點的光線，經過透鏡後與光軸平行（見第二圖）

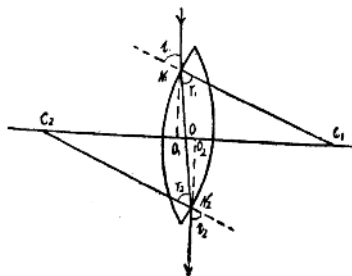
第二圖



在透鏡的光軸上有兩個節點，在前方的一個，稱為前方節點，在後方的，稱為後方節點，節點有一個特性，即凡射入方向對着節點的光線，通過透鏡後，不論透鏡的折射係數如何，其射出的方向恒與射入的方向平行，現在將節點的求法和特性分別說明和證明於下：

在第三圖中，由透鏡的前後兩曲面的中心 C_1 和 C_2 作任意兩平行

第三圖



半徑 C_1N_1 ，和 C_2N_2 ，聯結 N_1 及 N_2 ，並假設其為一射入光線由 N_1 射入透鏡的折射线，最後經 N_2 再折射线而入於原媒質中，因為折射线 r_1 及 r_2 為已定，透鏡的折射线係數 μ 亦為已定，而：

$$\frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin i_2}{\sin r_2} = \mu \text{ 故 } i_1 \text{ 及 } i_2 \text{ 均為已定，亦即射入方向與最後射}$$

出方向為已定，延長射入線和最後射出線分別交 C_1C_2 於 O_1 及 O_2 點，則 O_1 及 O_2 即為節點。

$$\text{又因} \quad r_1 = r_2 \quad (C_1N_1 \parallel C_2N_2)$$

$$\text{故} \quad i_1 = i_2$$

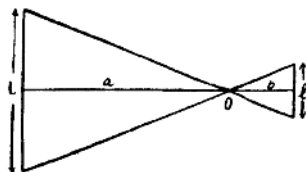
即射入線與射出線平行。

N_1N_2 與 C_1C_2 的交點 O 稱為透鏡中心，當透鏡很薄時， O_1 及 O_2 均接近於 O ，故可把它們當作一個 O 點看待，所以我們認為通過透鏡中心的光線，其方向不變，而物距、像距和焦距亦均由透鏡中心算起。

攝影時物體上每一個點（物點）所發出的光線，其中必有一條通過透鏡中心的光線，而該光線與像面的交點，即為該物點的像點，因此攝影上物像的關係是一種中心投影的關係，透鏡中心亦稱為投影中心。

像物的大小之比稱為像的倍率或像的比例尺，設物長為 L ，像長為 l ，比例尺的分母為 m ，則由第四圖得

第 四 圖



$$\frac{1}{m} = \frac{a}{L} = \frac{b}{a} \dots\dots\dots (2)$$

假如物距等於二倍焦距，由（1）式像距亦為二倍焦距，由（2）式其比例尺為1，此時物像等大；若物距大於二倍焦距，則像距大於焦距而小於二倍焦距，比例尺小於1，像比物小；若物距大於焦距小於二倍焦距，則像距大於二倍焦距，比例尺大於1，像比物大；若物距等於焦距或小於焦距，則像在無限遠或在物方，不能在攝影機中攝得影像。

空中攝影時，不論飛機離開地面的高度（簡稱航高，以H表示之）若何，均可以無限遠視之，像距恒等於焦距，故航空像片的比例尺為

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} \dots\dots\dots (2')$$

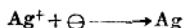
§ 3 光化學反應

物體因受光而發生變化，稱為光化學反應。

攝影所用的感光片上塗有一層感光物質，是銀的鹵屬元素化合物，形成微細的結晶顆粒，簡稱銀鹽，銀鹽受光發生光化學反應後，稱為受光銀鹽。銀鹽受光後，其結晶顆粒中的個別分子（其數目以受光多少而定）的鹵屬元素的離子便放出電子而形成原子，如以溴化銀為例，則



即是光的輻射能使鹵屬元素的離子 Br^- 失去電子 $\ominus$ ，這種失去的電子 $\ominus$ 最後又中和銀的離子 Ag^+ 使之還原為銀原子Ag



溴的原子則成對的結合而成分子：



分子 Br_2 被藥膜中的膠質所吸收而離開結晶體，因此當光作用於銀鹽結晶體時，一部分銀鹽則分解為鹵素元素和銀，這種銀分佈在結晶顆粒中使顆粒成為受光銀鹽而構成一種目不能見的潛像，須放在一定的還原藥液中去進行還原，使受光銀鹽被還原為可以目見的黑色的金屬銀像。

感光片受光後所起光化學反應，常因銀鹽的種類和製造的方法不同，在同一受光情況下，其反應程度也有大小不同，這種反應不同的程度，稱為感光片的感光度，常以一定的數字和單位來區別它。

§ 4 顯像作用

用藥液還原受光銀鹽使之變為黑色金屬銀像的工作稱顯像，使用的還原藥劑稱為顯像劑，其溶液稱為顯像液，顯像液中除顯像劑外還含有其它藥劑，關於它的組成及顯像的理論問題，後面還要詳細講到的。

§ 5 定影作用

感光片經過顯像後，雖已現影像，但片上還含有許多未受光銀鹽，這種物質，不溶於水，見光之後又起光化學反應，因而影像便不能持久，須浸入一種對銀鹽有溶解能力的溶液中使之溶解，方能使影像長久清晰，這一步工作，稱為定影。定影的藥劑一般採用硫代硫酸鈉（亦稱大蘇打），其溶液稱為定影液，定影的理論，後面也還要詳細討論。

經過顯像和定影後所得的像片，其黑白與原物相反，稱為陰片，其像稱為陰像。

第二章 攝影機和攝影機鏡頭的光學問題

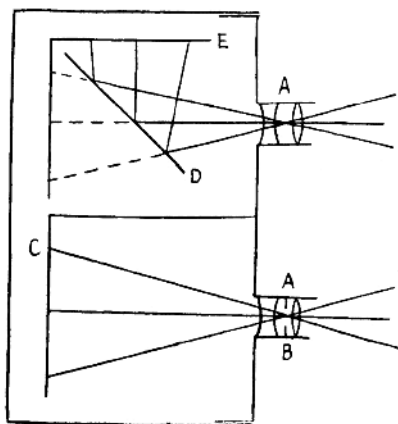
§ 6 攝影機的種類和構造

用作地面攝影的攝影機，可分為手提攝影機、大型攝影機及複照攝影機三種。

(一) 手提攝影機 手提攝影機的體積較小，一般都無須裝在三腳架上，可直接用手持使用，它在構造形式上有多種，最常用的一種為雙鏡頭攝影機。

第五圖是一個雙鏡頭攝影機的構造略圖，A為兩個同焦距的鏡

第 五 圖



頭，它可以前後伸縮使物距像距符合透鏡公式，下面的鏡頭是攝影用的，在組成鏡頭的凸凹透鏡之間的B爲一快門，快門張開後，光線才可以進入鏡頭，攝影時每次張開和關閉中間所經歷的時間稱爲露光時間，C爲感光片所處位置，物體的影像即結於此片上。上面的鏡頭是檢影用的，E爲檢影板，板係毛玻璃（用以檢查影像是否清晰用的），由鏡頭射入的光線，經過平面鏡D的反射才達於E，由於上下兩鏡頭的焦距相等，檢影板和感光片又對稱於平面鏡D，因而如果檢影板上的影像清晰，感光片上的影像也一定清晰的。檢影板與平面鏡這一整套檢影機構，合稱爲檢影器，攝影時伸縮鏡頭，使影像在檢影板上清晰的工作稱爲對光或對焦距。

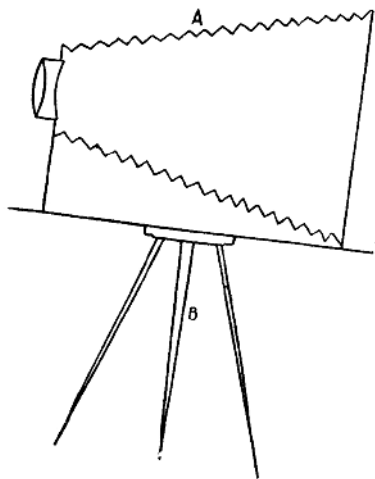
單鏡頭的攝影機，它的攝影和檢影都是用同一個鏡頭，對光以後，露光之際，平面鏡則藉彈簧上傾與檢影板平行，由鏡頭射入的光線，這時便可達到感光片。此外還有在鏡箱上部另裝一套檢影器的，萊卡型的攝影機，

第六圖

其檢影器便裝在鏡箱上部。

（二）大型攝影機

大型攝影機的體積比手提攝影機爲大，使用時必須裝置在一三腳架B上（見第六圖），是用以攝取像幅、景面及比例尺均爲較大的影像的，一般的構造，與手提攝影機相同，不過它只有一個鏡頭，檢影板多裝在感光片的位置，對光之後，必須取下檢影板，裝上感光片才能攝

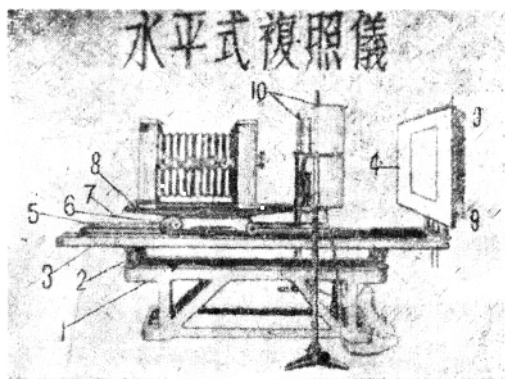


影，A為具有伸縮的黑幔，稱為蛇腹，其作用係防止未經鏡頭的光線從旁側射入鏡箱，又伸縮鏡頭時，蛇腹可以隨之伸縮，由於蛇腹的伸展範圍極大，像距便可在很大範圍內伸長，故可以得到物像等大的影像。又由於蛇腹可以在很大範圍內伸縮的關係，感光片可以前後傾斜和左右偏移，當物面與鏡頭平面不平行時，可藉這種設備傾偏感光片使得到清晰的影像。

(三)複照攝影機 複照攝影機的機件笨重，體積極大，平時都裝置在一定的工作室內，專供複照平面圖使用的。

複照攝影機在構造上亦有多種形式，最常用的一種為水平式複照攝影機，該機的座架是水平的，原圖板、透鏡平面和檢影板（或像片平面）三個有一定距離的平面是互相平行的，第七圖即為一種常用的水平式的複照儀，在堅固的木座架1的緩衝器（防止震動用）2上，架有一聯結原圖板和攝影機的金屬框架3，該金屬框架上裝有原圖板4和攝影機的方向導軌5，金屬滑動架6可沿方向導軌5移動，在滑動架上的攝影機，其檢影部分和鏡頭部分可利用手柄7和齒輪8移動之，原圖板靠在四個螺子9上，利用這螺子可使原

第七圖水平式複照攝影機



圖板向任一方向傾斜，原圖的照明可採用普通或水銀電燈或炭精燈，而照明器則裝在架子上。

§ 7 組成鏡頭的透鏡

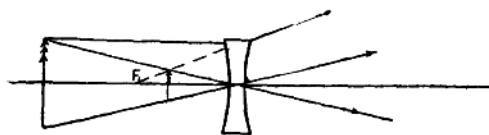
攝影機的鏡頭可分為三個部分，即組成鏡頭的透鏡，光圈和快門。透鏡係用以收集光線以構成影像的，為攝影機的基本要件，它是一種具有兩個規則表面的透明媒質，一般均是用玻璃製造的。其形式有二，一種是中心比邊緣厚的稱為凸透鏡或聚光透鏡，當物距大於焦距時，聚光透鏡構成的像是由折射光線直接交成的，稱為實像，如第八圖所示：

第 八 圖



另一種是中心比邊緣薄的，稱為凹透鏡或散光透鏡，散光透鏡構成的像是在折射光線反向的延長線上，稱為虛像，如第九圖所示：

第 九 圖



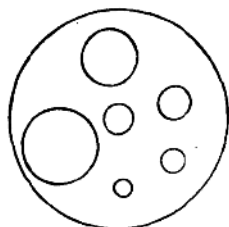
組成鏡頭的透鏡必須是凸透鏡，但為了消除構像誤差起見，比較質量高的鏡頭，都是用兩個或兩個以上的凸透鏡和凹透鏡組成一個具有聚光能力的光學系統（透鏡系）以期能攝得質量較高的影像。

§ 8 光 圈

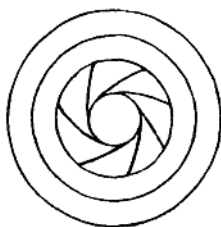
光圈裝置在透鏡系的前面（最前一個透鏡的前表面）、中間或後面，作為調整鏡頭的有效面積（能够進入鏡頭的光錐與前透鏡前表面的截面面積）的大小以控制進入鏡頭的光線用的，裝在前面的光圈，鏡頭的有效孔徑（有效面積的直徑）等於光圈的直徑；在中間的或在後面的有效孔徑均大於光圈的直徑，不過位於後面的比位於中間的更大一些。

光圈的形式的三種，即為虹彩式的（第十一圖）、旋轉式的（第十圖）及插入式的（第十二圖），現今所採用的多為虹彩式的，旋轉式及插入式的光圈，除複照攝影機外，一般的攝影機已不用它了。

第 十 圖



第 十 一 圖



第 十 二 圖

虹彩式的光圈是由許多金屬板摺合起來的，附着在一個圓環上面，把圓環旋轉，金屬板便跟着開合，中心的圓孔遂縮小或放大，當收縮或放大時，鏡頭的有效孔徑也跟着改變。

旋轉式及插入式的光圈，是用黑色金屬板一片（旋轉式）或多片（插入式）作的，在板上鑿有大小不一的圓洞，需要使用那種孔徑，便只須轉到

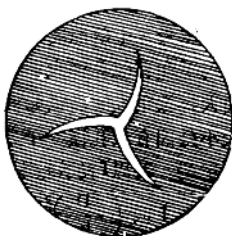


或插入那一個使其中心處在光軸上便行了。

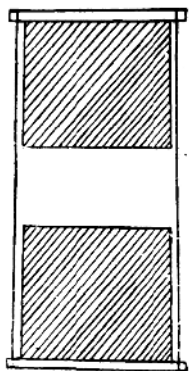
§ 9 快 門

快門係用以控制露光時間的長短的，在構造上有許多形式，概括起來，約可分為下面兩種。

(一) **中心快門** 中心快門是最常用的一種快門，裝置的位置多在透鏡系的中間，係由金屬薄片 2—5 片所組成（第十三圖），使用時撥動控制器即可開合自如，開合速度可自動控制，因為開時是由中心向四週擴大，合時是由四週向中心縮小，故稱為中心快門。



(二) **縫隙快門** 縫隙快門可裝在像片平面（以後簡稱像面）的前面與其很接近的地方，也可裝在鏡頭的前面，大型攝影機的縫隙快門，多是裝在鏡頭前面的。



縫隙快門係由膠布或不透光的黑布所作出的兩個捲簾所組成（第十四圖），中間有一縫隙，按動彈簧控制器，縫隙便能橫過感光片（裝在像面前的）或鏡頭（裝在鏡頭前的），感光片因而受光。

快門開閉的時間是用兩個符號和一些數字來指示，第一個符號是 T，將快門的速度指標（露光時間指標）撥在 T 上，按動彈簧控制器，快門便開了，必須再按一下它才閉起來，中間經過的時間要多少，可由攝影者按其需要而決定，這是需要極長的露光時間和對光時使用的。第二個符號是 B（在萊卡攝影機上為 Z）將快門的速度指標撥在 B 上，

按動彈簧控制器，快門便張開，手一離開控制器，快門便閉合了，這是需要比用T的時間為短而長於一秒鐘的時間用的，在T、B以後還有一系列的數字如：

T. B. 1 2 5 10 25 50 100……

則是表示以秒為單位的時間倒數，例如需要用 $\frac{1}{25}$ 秒的露光時間，則可把速度指標撥至25處便行了。

§ 10 鏡頭的相對孔徑

感光片上的照度是與鏡頭的有效孔徑和像距的大小有關係的，因為鏡頭有效孔徑大的有效面積便大，可以進入的光線便多，照度便大；像距大的，受光面積便大，照度便小，但鏡頭的有效面積的大小是因有效孔徑的平方而正變，受光面積的大小是因像距的平方而正變，若以I表示照度，D表示有效孔徑，b表示像距。

則I因 $\left(\frac{D}{b}\right)^2$ 而正變，如果攝影時物距很大，像距b接近焦距f，則I隨 $\left(\frac{D}{f}\right)^2$ 而正變。 $\frac{D}{f}$ 稱為鏡頭的相對孔徑，由於感光片上在露光時間內所受到的光量E為照度與時間t的乘積，即

$$E = It \dots\dots\dots (3)$$

故露光時間的長短因相對孔徑倒數的平方 $\left(\frac{f}{D}\right)^2$ 而正變。

攝影機上為了使用方便起見，常把相對孔徑的倒數 $\frac{f}{D}$ 有系統的指示在鏡頭上面，如

F/： 4、5.6、8、11、16……

或 F/： 4.5、6.3、9、12、18……

F/即表示 $\frac{f}{D}$ ，4.5、6.3……即為 $\frac{f}{D}$ 之值，因此該值愈小，