

科學圖書大庫

相機鏡頭竅要

譯者 鄧健民

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

相機鏡頭竅要

譯者 鄧健民

徐氏基金會出版

編譯序

擁有相機的人，一旦攝影技巧有了進境，就會想到使用廣角或長焦距鏡頭。尤以看到市區高大建築物的照片或野生動物的生態攝影時，常會感覺所用相機鏡頭，不能攝取類似的照片，引以為憾。對換裝廣角或長焦距鏡頭，也會更感需要。

但相機有許多類型，有的根本不能換裝鏡頭；有的雖可換裝，但有很多限制。如不能換裝，有無補救辦法？如新買相機，以買那一類型的最好？這都是對換裝鏡頭問題事先應加考慮的。

鏡頭也有許多類型。除廣角及遠攝鏡頭外，尚有所謂變焦鏡頭、反光鏡頭、魚眼鏡頭、兩截鏡頭、加倍鏡頭、補助鏡頭……等。單就廣角或長焦距鏡頭言，又有許多種，性能也有不同，使用上更有許多應注意之處。有許多鏡頭大而笨重，價昂而使用不易，事先如不仔細考慮，貿然購買，終會不能派上用場。

本書對這些問題，從根本上的光與鏡片開始，加以詳細說明。分為上下兩篇；上篇分別討論有關攝影鏡頭的各項問題，並就各種鏡頭及附件等的構造、性能、使用要領等分別加以說明，提出重要性能的計算方法；下篇綜合討論相機類型，鏡頭性能之比較、使用方法、選購及維護要領等。如謂上篇側重學理，下篇着重應用，亦無不可。其中許多問題，上、下篇均一再提及，可互相參看。

本書以The Focal Guide to Lenses及Lens Guide二書為藍本，二書內容深入，見解精闢；舉例甚多，有助理解；插圖醒目，與正文有互相闡發之妙。茲不揣鄙陋，編譯為一冊，供愛好攝影人士參考。讀者如因此對鏡頭增加瞭解，豈不美哉！是為序。

目 錄

編譯序

上 篇 分 論

第一章 光與鏡片	1
第二章 鏡頭發展簡史	14
第三章 焦距及視角	24
第四章 光 圈	31
第五章 光圈及景深	47
第六章 鏡頭之可交換性	58
第七章 廣角鏡頭	64
第八章 長焦距鏡頭	73
第九章 反光鏡頭及變焦鏡頭	79
第十章 特殊構造	104
第十一章 加長焦距的附件	117
第十二章 補助鏡頭	122
第十三章 延伸管及伸縮摺腔	132
第十四章 計 算	140

下 篇 綜合檢討

第十五章 你的照相機能換裝鏡頭嗎？	152
第十六章 有關鏡頭焦距的問題	164
第十七章 選購鏡頭要領	179
第十八章 長焦距鏡頭及轉變器使用法	190

第十九章	廣角鏡頭使用法及近接攝影.....	203
第二十章	鏡頭的維護.....	215
索引		

(2)/4.8

上篇 分 論

第一章 光與鏡片

攝影係在感光物質上先形成潛伏的影像，再用化學方法使其顯現出來。本書著重在這種潛伏影像的形成，至於如何使其顯現，不在討論之列。欲知這種潛伏影像如何形成，須瞭解光與鏡頭的性質。現在先討論光。

一、光的原理

人人都知道，光係以直線進行，速度非常快。除反射或因行進中遇着阻礙折射外，光不能轉彎或沿拐角進行。

可見光——這是一種累贅說法，因為沒有不可見的光——係電磁波譜（electromagnetic spectrum）中的一部份。電磁波譜包括無線電波、X射線、宇宙線、及其他各種通常稱為輻射作用的輻射能。

輻射一詞，對瞭解光的行進情形，很有幫助。換言之，光從光源係成輻狀以直線向所有方向發出。如真有確成一點的光源，則其對所有方向發出的光線，如使其包圍在空的圓球內，會使圓球內壁佈滿光線末端的光點。不過，光雖稱為光線，並非單一的點以難以置信的速度移動。光是一種能，能的行進係沿着路線推動；能雖移動，介質並不移動，光（及其他輻射作用）在物理學上，因至少有兩種性質極不同的學說而更形複雜。本書將堅守一般認為滿意的波動說為本。波動和 一塊卵石投在水

上所起的漣漪相似，但和消防水管內噴出的水不同。漣漪雖從中心點向四周推動，但水本身却祇一上一下振動而已。光的行進也如漣漪，係以波動推進，其波峰或波谷之間的距離很小，以毫微公尺（nanometer，簡寫為nm）為計算單位，1毫微公尺等於1公釐的百萬分之一。

電磁波譜的可見部份——光——範圍自400至700毫微公尺。這使人想到，光不止一種波長，除非係單色光（monochromatic light）。大家都知道，晝光（daylight）可用稜鏡分散為許多色，自光譜700毫微公尺一端的紅色至400毫微公尺一端的藍色——這一點在不久即將討論的攝影上，非常重要。

沒有光，我們便看不見物品。如果物品不反射光，我們能看見的也會很少。我們能看見不透明的物品，係因該物品能反射光。物品也會吸收光。各種物質吸收與反射之間的關係，相差非常大。這也是我們能看出不同色彩的原因。各種物質均會反射某些色光並吸收其他色光，所反射的色光就是該物質所顯的色。

例如本書的紙，能將各種色光反射出來，所以在晝光下顯白色。對於照射到它上面的光，反射出來的比率為80～90%。但紙上印的字，却吸收各種色光，反射出來的很少，所以看起來是黑色。

其他物質可能反射紅、綠、或藍色光，同時吸收其他色光。也很可能對各種色光部份地吸收，同時部份地反射，產生自然界中或人為的許多不同的混合色。事實上，我們可以認為白光——及大多數人為的光源——係由紅、綠、及藍色光組成。這三者是光的原色（Primary colors），混合起來可產生任何其他色彩。

我們能看見一樣東西，是因為它上面每一無限小的點受到光源發射來的光。外加周圍表面如室內牆壁和天花板，或室外天空、地面、及其他物品等反射來的光。當然，室外光線常有完全是反射的情形，那是因為太陽為雲所遮掩或已在地平線以下。

我們看見的物品，大多是因為能反射光。例外的祇有光源及能透過光線的半透明物。我們看見的光源，自然是其本身的光；半透明物是所透過的光。我們怎樣使這些東西在攝影軟片上形成影像呢？透過或反射的光會向任何沒有阻礙的方向輻射。我們的眼睛能將這樣的光線集中，

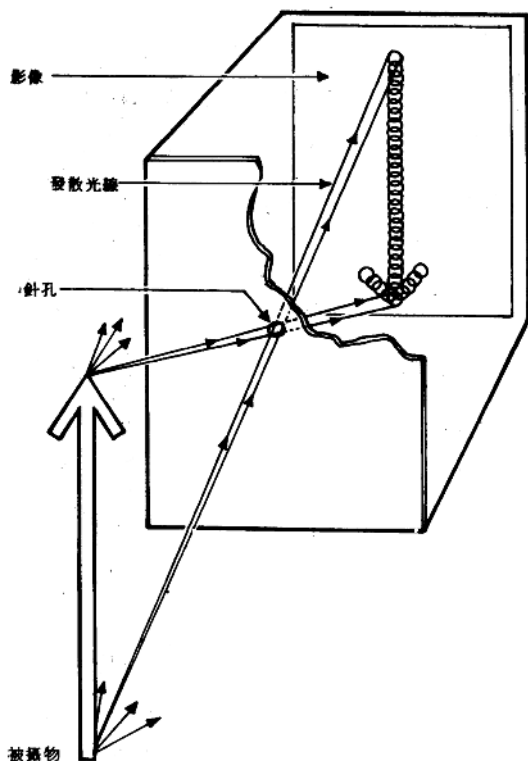


圖 1-1 利用光以直線進行原理的針孔照相機。由針孔通過的小束光線在軟片上構成模糊的影像。影像模糊的原因係光束在軟片上形成的是小圓餅而非小點。針孔越大或針孔位置離軟片越遠，形成的小圓餅也會越大。

使物品上的各點在視網膜上形成影像，因而能看到其形狀和位置。攝影方面，也是要照樣做到。

單在物品前面放一張軟片，物品本身及周圍物品上的各點對軟片上的各點都會有光線送去，不能形成影像。我們希望使物品上每一點的光僅對軟片上的一點送去，這樣才有形成影像可能。可用的方法是在軟片之前放一中心有極小孔眼的障壁。如果該孔眼非常非常小，則物品上的每一點祇有一線光能透過去。由於光線係以直線進行，上述一線光到達軟片上的位置會和其由物品上出發的位置相似，但方向相反。例如自物品左側去的光會送到軟片的右側，從上端去的光會送到下端，餘類推。

上述情形，因為所需孔眼非常小，通過光線的強度也非常低，小到低到幾乎難以置信的程度，事實上不易做到。如使孔眼小到能通過有限的一小束光線，使其在軟片上形成接近小點的小圓餅，應不難做到，這就是針孔相機（Pinhole camera）的原理（參閱圖 1-1）。這種相機攝影時，祇限靜物，因為孔眼小，光線強度低，曝光時間可能需要幾分鐘。當其形成影像時，如景物移動，通過孔眼的光束也會在軟片上成相反方向移動，留下一些模糊的痕跡，這樣當然不能獲得鮮銳清晰的照片。

為使有足夠的光通過，針孔必需稍大，但形成的小圓餅會更大而互相重疊，結果使影像不清晰，不纖細。這是因為通過的光，已由上述小光束變為光錐，頂點在被攝物上的一點而底則為障壁的孔眼。光錐經由孔眼繼續以直線前進，會進一步發散（diverge）。我們希望它不要發散而要向內會聚（converge）仍舊成為一點，則影像自會清晰纖細。當初有一段時間，沒有人知道如何可以達成這種希望。現在我們當然知道使用鏡頭了。

二、鏡片的性質

鏡片是至少有一面為曲面、邊緣比中間部份較厚或較薄的玻璃（其他物質也可用，但通常係用玻璃）片。所有攝影鏡頭的鏡片，其曲面差不多都是球面的一部份，因為這種表面在大量生產時不會有困難。製造非球面的表面很難而又費用大，大量生產方法也需特別設計。單層的鏡

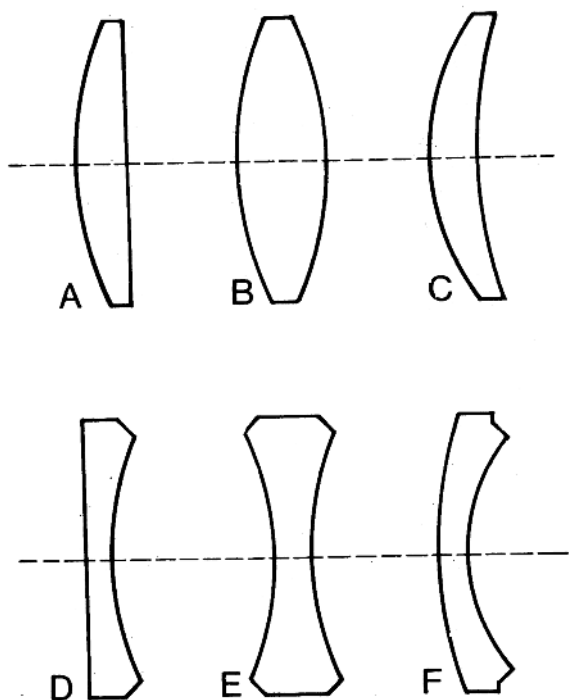


圖 1-2 單層鏡片的六種基本形狀：A，平凸，B，雙凸，C，新月形凸，D，平凹，E，雙凹，F，新月形凹。

片有六種基本形狀，即：雙凸、平凸、新月形凸，及雙凹、平凹、新月形凹（參閱圖 1-2）。凸鏡片的表面向外凸出，凹鏡片的向內凹入。所以前三種凸鏡片邊緣比中間薄；後三種凹鏡片邊緣比中間厚。

鏡片的作用，係按其製造材料、曲率及厚薄使光線折射。簡言之，凸鏡片能使平行的光線向內折射，會聚為一點；凹鏡片能使平行的光線向外發散，好比從一點分散開來。

三、折射

光的速率通常視為常數，但實際上視所通過的介質而微有不同。光在玻璃中的速率比在空氣中稍低。因此，當光線通過玻璃時，它會慢下來；但從玻璃出來仍舊進入空氣後，它又會快起來。

通過玻璃的光線，如垂直於玻璃表面，其方向不會受速率改變的影響。如和玻璃表面成某種斜角進入，就會改變行進路線。不但進入玻璃時會折射，出來時也會折射。折射原因係由於光的波動所引起。光線進入玻璃時，係向法線（垂線）折射，出來時則遠離法線折射（參閱圖 1-3）。如果玻璃的兩面平行，例如普通平板玻璃片，這樣重複折射的結果會使出來的光，沿原來方向相同的另一條路線進行。此另一路線和原來的路線平行，兩者之間的距離約相當於玻璃片厚度的三分之一。

如果玻璃的兩面不平行，例如稜鏡，這樣重複折射的結果，會使光線改變方向。當其通過稜鏡斜向一點的兩面時，會向遠離該點的方向折射。兩面之間所夾的角越大，偏向也會越大。鏡片可認為係由一系列小稜鏡構成，每一小稜鏡兩面之間所夾的角微有不同，離鏡片中心越遠，光線偏向的角度也越大。

為求更正確一點，我們對鏡片的兩面須分別觀察。光線射向其曲面並通過其中心時，如係垂直於其表面，不會折射。如果以任何其他角度射向其表面，在通過時就會向法線方向折射。選擇正確的曲面可以達成希望中的會聚或發散程度。照相機的鏡頭總是使光線會聚，否則無法形成影像。

由上可知，原始照相機的針孔可以用鏡片取代。根據折射定律（本書對此定律無深入討論必要），從被攝物上每一點來的光線，通過鏡片

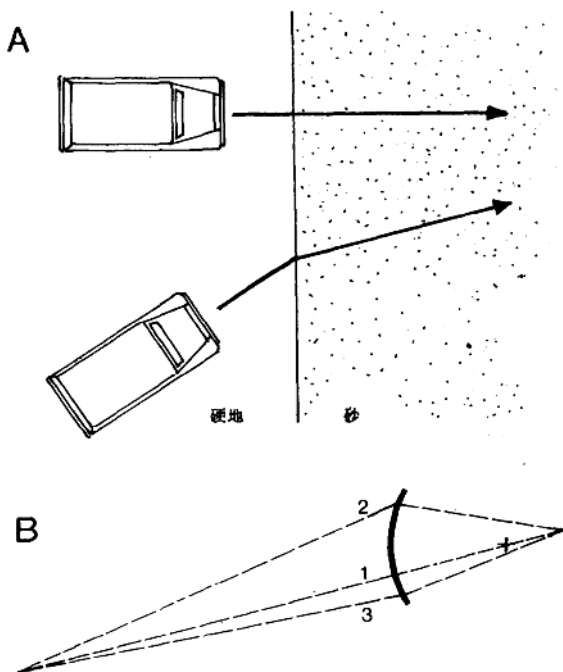


圖 1-3 A. 折射可以汽車由硬的地面通過軟的地面予以說明。如果汽車通過界線時係成直角，軟的地面對其兩只前輪產生的阻力相等，汽車祇會慢下來。如果接近界線時係成斜角，則前輪之一會比另一只先慢下來，結果汽車會轉向進行。B. 光線由空氣通過較密介質玻璃時會受相似的影響。和表面成直角的垂直光線 (1) 雖會慢下來，但會一直向前通過。斜向的光線 (2, 3) 不但慢下來，並會改變方向。換言之，後兩者均會折射。入射角越大，折射角也越大。

以後，會聚到軟片上仍成為小點。被攝取物的所有小點如均在軟片上重現為小點，影像就可以形成。

這就是影像形成的原理，實際運用結果也很好——不過不很完美，用簡單的鏡片結果是不會很完美的。

四、鏡片的像差

事實上，鏡片不可能將被攝物上的小點重現為真的點。因為種種原因，所重現的常為很小的圓餅。這種小圓餅可能變形而有種種不同形狀。發生這些不完美形狀的本原，總括起來稱為「像差」(aberrations)。鏡頭設計師的職責是用既有的材料與技術，以彼此剋制的方式，解決這些像差問題，使最後所成影像儘可能接近最完善的程度。

廣義的說，像差是因鏡片的球面及光源大多係由許多色光混合的緣故而引起。像差有六種主要形式，即：色(像)差、球面像差、像散現象、像場彎曲、彗形像差、及畸變。這六種像差很不易用外行話解釋明白，本書也不準備作此嘗試，不過仍需予以簡單說明，以便討論對抗這些像差的方法時，讀者對其影響有一適當概念。如需像差方面比較詳盡的參考資料，可查閱H. B. Brandt 著：“The Photographic Lens”或L. P. Clerc 著：“Photograph Theory and Practice - Volume 1”。

(一)色(像)差

前已提及，鏡片可以使光線折射。用作鏡片的玻璃，其折射力視製造該種玻璃所用材料(因材料可影響其光學密度)及光線的波長而異。光線大多係由許多種色光混合，所含各種色光均各有其波長。鏡片對光束中的不同色光，折射的程度不同，因而在影像處形成一系列不同的色點，和鏡片距離略有不同(參閱圖 1-4)。鏡片使這些色光分離，稱為色散(dispersion)。所有鏡片對光線折射與色散兩種性質之間的關係，視製造該種鏡片所用材料的性質而異。光學玻璃如折射力高而色散低，最宜用於鏡頭之設計。現在的研究工作，仍以製成性質上最理想的玻璃為目標。上述色散對影像發生的影響，即稱為色(像)差(ch-

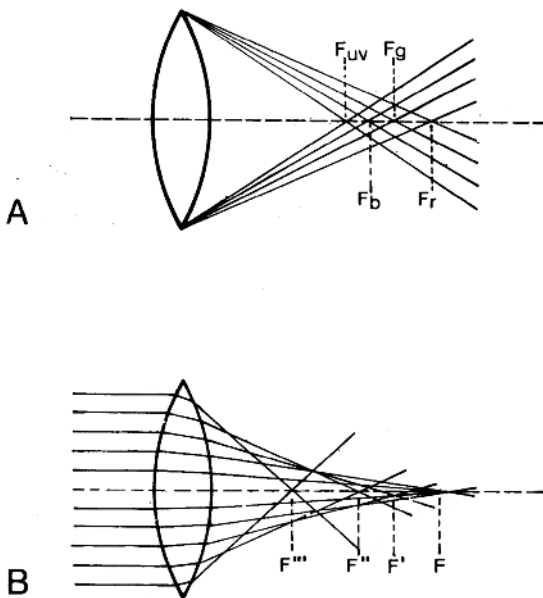


圖 1-4 鏡片的像差。A. 色（像）差成為不同色光在距鏡片不同之處形成焦點的原因。圖示者為紫外線（ F_{uv} ）、藍色光（ F_b ）、綠色光（ F_g ）、及紅色光（ F_r ）。
B. 球面像差成為以不同角度射到鏡面的光線會在距鏡片不同處形成影像點的原因。

romatic aberration)。如不予以修正，黑白攝影時會使影像模糊而不鮮銳（Sharp），使用彩色材料時，會有彩色邊緣。

球面像差

鏡片表面，大多係球面的一部份，因為其他形狀，不易在大量生產時，達成攝影鏡頭對鏡片公差上極嚴格的要求。可惜球面鏡片並不容易產生理想的鮮銳影像。光線射到鏡片表面以後折射的程度，和射入的角度大小有關。設想鏡軸上很遠處的一點，以完全平行的光線送向鏡面。射到光軸附近小範圍以內的光線，和鏡面差不多成直角，可以一直通過。其他距軸稍遠的光線，射到鏡片曲面上的角度，隨其距軸之遠而增加。這在形成影像上固有其必要，但事實上因球面彎曲太過度，所以鏡片周邊的光線折射太強，以致交於鏡軸之點和鏡面的距離也格外接近。這就形成所謂球面像差（Spherical aberration）。

祇有中間的光線（也稱為同軸光線“Paraxil rays”）能形成點般的影像。周邊及邊緣與中心之間的光線（也稱為周圍光線“zonal rays”），所形成的是小圓餅，破壞了影像的鮮銳度。

像散現象

如不使用術語，像散現象（Astigmatism）是最難說明的像差。未經修正像散性的鏡片，不能將互相垂直兩線的焦點匯集在同一平面上。換言之，如果垂線在焦點上，水平線會模糊；反之亦然。由中心軸幅射狀如輪輻的線如果在焦點上，周圍如輪子邊緣的線就會在焦點以外；反之亦然。其原因很難解釋明白。起因在斜向的和軸向的（即來自被攝取物中間的）光線，作用結果稍有不同。換言之，自鏡片軸線以外一點的光錐和鏡片相遇之處係成橢圓形而非正圓。該光錐中心的亦即主要的光線和鏡軸不一致，因而整個光錐的各部份和鏡片相遇之處，鏡片的曲度不同。光線愈歪斜，不對稱的程度也愈大，造成被攝物上的點有兩個影像點，一成短的垂線，一成短的水平線。在這兩點之間的折中焦點上，點的影像多少會成小圓餅。離開軸線愈遠的點，上述作用愈顯著。所以像散現象和像場彎曲的影響頗有相似之處。

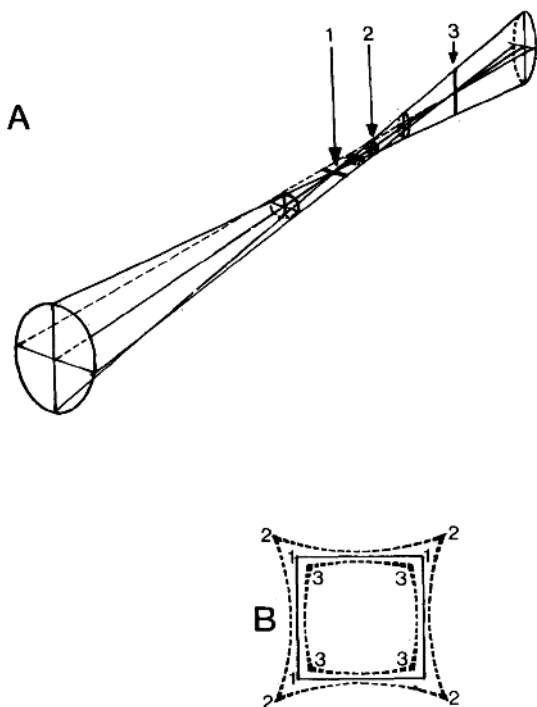


圖 1-5 A. 像散現象使水平(1)及垂直(3)線不能在同一平面上形成鮮銳清晰的影像。選用折中焦點，才能使上述兩者的鮮銳度同時達到可以接受的程度。B. 畸變使方形(1)影像變為針墊(2)或桶(3)狀。

四 像場彎曲

像場彎曲 (curvature of field) 可視為任何簡單鏡頭不可避免的現象。例如，當對正 10 公尺處磚牆的焦點時，牆上正對鏡頭的一點，距離是 10 公尺。普通標準鏡頭所能攝取該磚牆的長度約 7 公尺。就此 7 公尺範圍言，其邊緣處和鏡片的距離為 10.5 公尺，可知在對正的焦點處，邊緣不會鮮銳清晰。垂直及其他方向的情形均如此。鮮銳清晰的像場是在以 10 公尺為半徑的球面上。

像場彎曲和球面像差頗易混淆不清。兩者之間有一重要不同處。球面像差使所有光線，甚至來自鏡片軸線上很遠處的，在對正的焦點處形成的是小圓餅而非點，影響整個影像的鮮銳清晰。像場彎曲是不能將被攝物各部份的焦點匯集在同一平面上。如果中心部份鮮銳清晰，週邊部份便會模糊；反之亦然。

五 彗形像差

彗形像差 (Coma) 和像散現象一般，係因軸向以外的光線不對稱地通過鏡片不同平面所引起。這使各種光線的交點展開成略帶橢圓形狀，由明亮的一端逐漸暗淡至另一端，有幾分像彗星。這種形狀偶或可在照片邊緣很小光源的影像中見之。更常見的這種影響，是反差及清晰度消失。

六 畸變

最後一種像差畸變 (distortion)，比較容易瞭解，那就是影像和被攝物的形狀不同。例如方形重現的形狀，可能邊緣向內彎（針墊形畸變 “pincushion distortion”）或邊緣向外彎（桶形畸變 “barrel distortion”）。鏡片必須使影像的各點以同一尺度重現，才能避免畸變。畸變是因方形四角的光線和軸所成的角大於四邊中點光線和軸所成的角而起；這些光線因入射角不同而作不同折射，所以造成畸變。當然，設計不良的鏡頭更會引起各種對稱或不對稱形狀的畸變。