

437539

論綜物理相照

張其昀題

林啓昌 編著
蔡文俊

華岡出版有限公司印行

照相物理綜論

張其昀題

林啓昌 編著
蔡文俊

華岡出版有限公司印行

版權所有
不許翻印

中華民國六十七年七月出版

照相物理綜論

定價：每本新台幣精裝 220 元整

著作者：

林啓昌
蔡文俊

出版者：華岡出版有限公司

登記證：行政院新聞局版台業字第一〇八二號

發行者：華岡出版有限公司

地址：台北市陽明山華岡于正路一號

電話：八六一〇九二三

郵撥：一〇一四二五號帳戶

門市部：華岡書城

地址：台北市農安街三十五號之一

電話：五九四八四五五

印刷者：華岡印刷廠

地址：台北市陽明山華岡大義館

照相物理綜論序

國內印刷界，對「照相」和「攝影」有一種不成文的界說，一般多指印刷原稿的拍攝為「攝影」，將原稿拍成製版用的底片則稱為「照相」。事實上，「照相」或「攝影」都是由英文 photography 一字翻譯而來，只是「照相」比較通俗些而已。

由於人類生活水準的不斷提高，科學技術的不斷進步，照相學術已不再是專家學者獨佔專有的領域，如今幾乎成為每一個國民所必須具備的基本知識和技能，美化生活、增加情趣、保存紀錄，形成了生活中不可缺少的一部份。

近年以來，由於郎靜山大師等前輩的倡導，國內的照相風氣日益普遍，水準大為提高，不但經常舉辦影展，在國際上獲得甚多榮譽，而且對有關照相學術方面的書籍，也出版有二三十種之多。只是坊間的這些照相參考書籍，對其構造原理，大都過於簡略，語焉不詳，而且多半偏重於照相與沖印技術的介紹，和照相器材的使用說明，使人有知其然而不知其所以然的感覺，對於要想窮根究底，深入研究，以求登堂入室的人來說，確是美中不足。

按照相科學，不外物理與化學的綜合應用。坊間有關照相化學方面的書籍，雖然不多，但已有出版，惟獨研究照相物理方面的專書，尚付闕如。今林啓昌先生與蔡文俊學棣合著的「照相物理綜論」大出版問世，正好彌補了這一種缺陷，也是喜愛研究照相學術朋友們的一大福音。

林啓昌先生是印刷界的名教授，著作等身，他在最近六年，就出版了印刷學術方面的專著近五十種，名滿國內外，無庸詞費。蔡文俊學棣，是中國文化學院印刷工程學系第一屆畢業的高材

生，對照相學術饒有興趣，並不斷深入研究，成績斐然。畢業後受延聘在本系任教，四年以來，教學相長，益發精進，今以教學心得，與林教授合著「照相物理綜論」，都三十餘萬言，圖文並茂，深入淺出，資料新穎，鉅細不遺，內容相得益彰，確是照相學術方面最具份量的皇皇鉅著，不僅可作學校或訓練的教本，亦是從業人員和愛好照相人士的最佳良伴。筆者有幸，得以先讀，深覺「與有榮焉」，故特綴數語，用代序言。

李興才 於華岡大典館

六十七年六月一日

照相物理綜論目錄

第一部分 蔡文俊執筆

前 言：照相機的要素簡介	1
第一章 照相機的機體構造	10
第一節 機體構成	10
第二節 焦點調節構造	12
第三節 觀景器	26
第四節 距離計觀景器	41
第五節 反射式觀景器	50
第六節 捲片構造	56
第七節 單眼反射式相機的新構造	76
第八節 照相面角度變換	100
第九節 立體照相機	105
第二章 照相機之類別	110
第一節 35mm精密相機	110
第二節 反射式照相機	115
第三節 彈簧式照相機	120
第四節 折摺式照相機	123
第五節 組合式照相機	124
第六節 攝影室照相機	125
第七節 特殊照相機	126

第三章 照相機的快門	151
第一節 落下式快門	151
第二節 捲簾式快門	155
第三節 透鏡式快門（鏡頭快門）	156
第四節 焦點面快門（焦平面快門）	202
第五節 快門的比較與試驗	231
第六節 同步接點的構造	235
第四章 鏡頭的條件	245
第一節 相機鏡頭的焦距及其測定	245
第二節 鏡頭明度	251
第三節 鏡頭的反射防止膜	259
第四節 鏡頭的攝角	266
第五節 鏡頭的使用方法及外觀檢查	273
第六節 依用途所看的鏡頭種類	277
第七節 鏡頭簡易試驗法	289
第五章 照相機鏡頭的型式	293
第一節 透鏡與光學玻璃	293
第二節 鏡頭型式概說	299
第三節 鏡頭型式分論	311

第二部分 林啓昌執筆

第六章 基本光學	372
第一節 透鏡光學特性	372

第七章 透鏡的收差	392
第一節 收差概論	392
第二節 球面收差及其影響	402
第三節 彗星收差及其影響	410
第四節 非點收差與像面彎曲的影響	416
第五節 歪曲收差及其影響	423
第六節 色收差及其影響	427
第七節 收差測定法及其試驗攝影法	435
第八章 光圈的作用	462
第一節 光圈與瞳孔	464
第二節 像面的明度	464
第三節 焦點深度	470
第四節 照相的遠近感	484
第五節 鏡頭的近接攝影問題	486
第九章 照相畫像的鮮銳度與解像力	491
第一節 畫像描寫的支配因素	491
第二節 鏡頭的解像力	497
第三節 感光膜的鮮銳度與解像力	505
第十章 照相機主要的附件	523
第一節 補助透鏡	523
第二節 濾色鏡	531
第三節 近接複照用具	538
第四節 其他的附件	548
補充資料	554
參考書籍	592

前言 照相機的要素簡介

一、照相機的起源

照相機一詞源由希臘語「Camera Obscura」一詞，此為暗室之意。初期，畫家利用針孔暗箱繪畫，而發展至以透鏡代替針孔的暗箱，為意大利的Daniel Barbara所發明的透鏡暗箱，後來才有了「Photography」照相術一詞，其意為利用光來描繪。今日所用之照相機為Photographic camera，簡稱為Camera意為「光畫箱」。

實際的照相機為1816年法國的J.N.Niepce所發明，命名為



圖1 Daniel Barbara 的透鏡暗箱

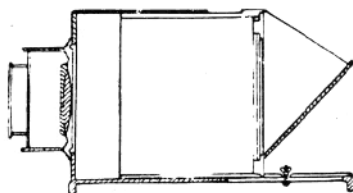


圖2 Daguelio type 照相機

「Heliography」，數年後與法國的畫家 L. J. M. Daguerre 共同研究，於 Niepce 死後之 1838 年完成 “Daguerre type” 照相機，如圖 2 所示。至於透鏡一詞，在拉丁語為扁豆。形容其形似雙面凸出的扁豆狀鏡片用以聚光。後來爲了要使光能適當給予感光材料而發明了快門（Shutter），收容感光材料的暗箱（Body），且爲方便照相時的構圖，在裝置感光材料的暗箱 Body 上，設置觀景窗 Finder 成爲目前所使用相機的康怡模型。

感光材料在 Niepce 及 Daguerre 時代使用銀板，稱爲銀板照相，後來進步爲使用濕板，終成爲乾板，接著 Eastman Kodak 發明軟片（Film）。感色性也由色盲片→正色片→全色片（Panchromatic film）。

故構成照相機的要素爲：(1)透光性的本體(2)形成光學像的透鏡體系(3)照相感光材料的保持及更換裝置(4)露光裝置(5)取景裝置。照相機除了要求各因素儘量具有最大功用之外，尚須(1)攜帶便利(2)構造堅固(3)操作靈活(4)效能確實可靠(5)造形美觀。

二、透鏡（Lens）

單體透鏡的成像只有中央部分比較清楚，外圍則不清楚，所以不適合作爲照相使用的透鏡。照相透鏡要有更大清楚畫像的範圍，爲此採取複式鏡片修正各種色差以滿足以下各種目的：

- (1) 照相範圍均鮮銳。
- (2) 透過大量光線而聚結成明亮的畫像。
- (3) 畫像的中央部分與周邊部分的光量不許相差過大。
- (4) 畫像形狀不歪曲。

因上列四者要求不免有相互抵觸之處，故由此決定照相透鏡的造價。

三、快門 (Shutter)

在 Niepce 及 Daguerre 發明照相機的時代尚無快門的構造，那時的透鏡明度低，感光材料的感度低，爲了照一張風景銀板照相需要數十分鐘，故以手取去鏡頭蓋。適正時間露光後蓋上即完成。

1845 年法國的費索及弗哥發明落下式快門 (Drop shutter) 圖 3；1855 年發明捲簾式快門 (Roller blind shutter) 圖 4 能退入機體

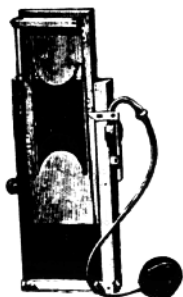


圖 3 落下式快門

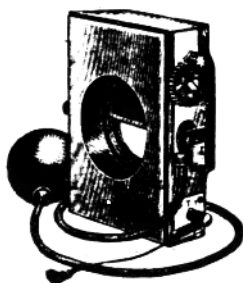


圖 4 捲簾式快門

內部對於透鏡的更換十分便利。1860 年落下式快門也進展爲改直線運動爲回轉運動的回轉式快門 (Rotary shutter)。

目前使用的透鏡式快門 (Lens shutter) 係爲扇片開閉式又稱扇片式快門 (Secter shutter) 始於 1882 年，本來十分普及，但近來因與露光計運動式的自動露光照相機出現及發達以來已改良不少，爲了快速露光也再度啓用檢影面快門了。

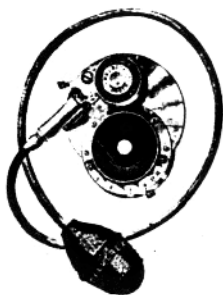


圖 5 回轉式快門

露光時間一般的慢速度，由 1 秒變為 $1/2$ 秒、 $1/4$ 秒、 $1/8$ 秒、 $1/15$ 秒。快速度由 $1/30$ 秒、 $1/60$ 秒變為 $1/500$ 秒、 $1/1000$ 秒。此外有了 B 快門（按多久開多久）、T 快門（按一次開，再按即閉）等。距百年前無快門露光數分鐘至今日 1 秒以下之進步，實不可同日而言，而快門也成了相機中最複雜的構造部份。快門的條件如下：

- (1) 開閉時間正確。
- (2) 閉合時不透光。
- (3) 作用時振動少。
- (4) 溫度變化之誤差小。
- (5) 易安裝在機體（因性能關係有各種不同的設計）。



圖 6 透鏡式快門

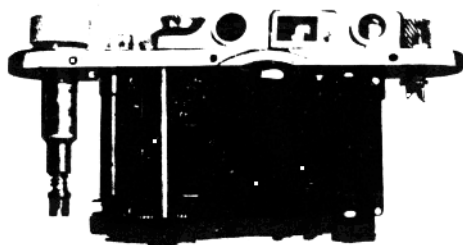


圖 7 檢影面快門

四、取景窗 (Finder)

暗箱之中無法看到透鏡在感光材料上形成的影像，為此設置為

取景窗 (Finder)。早期在檢影位置放毛面玻璃以觀看取景狀況及透鏡的對光狀況故稱為 Pint glass，但為倒立像，為了方便改良為雙眼反射式的取景裝置。採相似形觀察式為「光學式取景窗」(Optical finder)，目前最流行的是檢影玻璃式取景窗與光學式取景窗。

雙眼式在腰部取景，單眼式在眼部取景，如圖 8 所示。



圖 8 腰部、眼部取景窗

五、照相機的暗箱 (Body)

此為相機的本體，組合上述的附體，裝置感光材料，在此小空



圖 9 Press camera 的檢影玻璃 (上為光學式取景窗)

間以行照相，要不洩光，又能保持感光材料之平面，其附有的零件甚多，設計也最為費事。

由造形分箱式照相機 (Box camera)、彈簧式照相機 (Spring camera)、反射式照相機 (Reflex camera) 等樣式，外加透鏡、快門等的變化，其本體構造每台均有不同，且機體的造形與銷路大有關係，故設計上須注意以上要素的合理均衡。

六、光圈與快門速度

裝入照相機中感光材料的感光度有 ASA 感度數或其 露光指數，此值若成為二倍時，感光性倍升。市面之軟片因用途由感度為 10~400 以上者均有，由於製造時感度即已固定，欲調節光量需使用光圈。光圈變為 $1/2$ ，光量減為 $(1/2)^2$ 成了 $1/4$ 了。光圈成為 $1/1.4$ 倍時光強度成為 $1/2$ ，如此排列有：1.4, 2, 2.8,

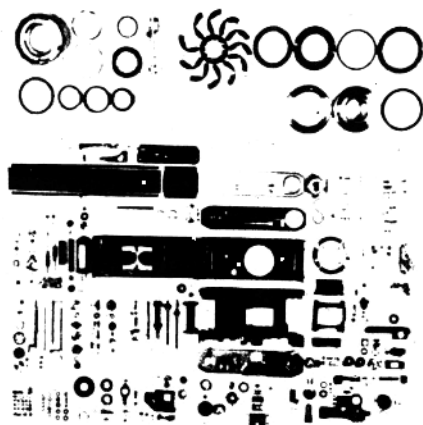


圖 10 一部 Canon 相機的全部零件

4, 5.6, 8, 11, 16, 22 ……不等的數字，數字愈大孔愈小光通過愈少。

快門的露光時間仍取 $1/2$ 刻度體系，為世界統一的秒單位體系。 $1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/15, 1/30, 1/60, 1/125, 1/250, 1/500$ ……。

以前為 $1, 1/2, 1/5, 1/10, 1/25, 1/50, 1/100, 1/250, 1/500$ ，……但此不成為 $1/2$ 倍關係，與露光計連動困難，已經廢止了。

以上述的光圈刻度與快門刻度要作最多量的露光，為光圈 1.4 ，快門 1 刻度（ 1 秒）的情況，要作最小的露光則用光圈 22 ，快門 $1/500$ （ $1/500$ 秒）。光圈為 256 倍暗，速度為 $1/500$ 秒，合計為

$$256 \times 500 = 128000 \dots\dots$$

$1/128000$ 秒的光量



圖 11 快門與光圈刻度的配合

故由 $1/2 \sim 1/128000$ 秒可任意變化。若再感不足可用 B 快門任意加長。如此一來任何情況的照相即可進行了。

七、感光材料使用種類與畫面大小

(1) 35mm 有邊孔軟片

此為電影用標準軟片，分一般用及卡式快速用。前者照後要回捲取出；後者不必但為卡式照相機專用，其標準畫面合電影用標準 Size 的 11 駒分，大小為 $24 \times 36\text{mm}$ 稱為 Leica 版面。送一駒之邊孔數為 8 個，孔中心間隔為 4.75mm 。

一般捲片筒狀有 20 張及 36 張裝二種，卡式為 12 張裝一種。

此外也有不送 8 孔，只送 6 孔的正方形畫面的相機如德國的 Robot 版面。若僅送 4 孔就成了 $24 \times 18\text{mm}$ 的標準電影尺寸了，又稱為 Cine 版。Single 版，又稱為 $1/2$ 尺寸的 Leica 版，Olimpus pan 採用此種尺寸故稱為 pan 尺寸，用此種尺寸裝卡式相機可拍 24 張，而一般捲筒 20 張裝可拍 40 張。此外用 35mm 軟片的 Stero Camera 一駒的畫面為 $24 \times 23\text{mm}$ 。

(2) 16 mm 軟片

始用於電影片，現已有無邊孔的 16mm 軟片。過去用 $10 \times 14\text{mm}$ 畫面。無孔 16mm 軟片畫面為 $12 \times 18\text{mm}$ ，成為 35 mm Cine 版的 $1/2$ 尺寸。16mm 軟片的相片，拍攝後不回捲，可由另一端取出。

(3) 120 捲筒軟片

附有背紙（遮光紙）的捲片，以 $6 \times 9\text{cm}$ 畫面可拍攝 8 張、 $6 \times 6\text{cm}$ 畫面可拍攝 12 張、 $6 \times 4.5\text{cm}$ 畫面（Semi）可拍攝 16 張，其畫面比較大，可得到比 35mm 照相品質較佳的密著印相，放大相片，而且容易裁切取捨畫面。

(4) 220 捲筒軟片

120 軟片改良裝於 $6 \times 6\text{cm}$ 版可攝得 24 張，僅前後有遮光紙，中間軟片無遮光紙故平面性良好，無攝影號碼，其拍攝的畫面尺寸與 120 相同，但拍攝 2 倍數量。

(5) 127 捲筒軟片

此為 40 年前流行的 Best pocket kodak camera 軟片，又稱為 Best film 為背有遮光紙的軟片，在 Best 版（ $4 \times 6.5\text{cm}$ ）尺寸可拍 8 張， $4 \times 4\text{cm}$ 尺寸可拍 12 張，以 Baby 版（ $4 \times 3\text{cm}$ ）畫面可拍 16 張。因捲軸細軟片捲曲性過大，現已不用。

(6) Kodak Cartridge

Kodak 將小型相機的軟片裝卸捲筒化，廢止回捲，使軟片感度與相機一致，卡式裝卸。軟片在塑膠容器內，現影時除去外面容器

即可取出軟片，內面的軟片有背面遮光紙，可由外面讀出攝影號碼，每一畫面 26mm 平方，有一邊孔，用以捲片。黑白及彩色負片（Nega color）可拍 12 張，彩色正片（Color Rerersel）可拍 20 張，Kodak Instamatic 系統的照相機專用，又稱為 126 軟片，可在相機背面讀出拍攝號碼故不必另外裝相機讀數表了。

（7）其他的捲筒軟片

有 Balltax 軟片（ 2.4×2.4 或 2.4×3 cm 版 10 張裝， 2.4×3.6 cm 版 8 張裝），及玩具照相機軟片（ 1.4×1.4 cm 版面）較高級的有 70mm 寬，有邊孔無背面遮光紙的軟片，畫面平面性良好，捲片性能好，應用在製版照相機方面。

（8）乾板、單張軟片

其尺寸如下：

公 分	英 吋	名 稱
4.5 × 6		Atom 版
6.5 × 9	$2\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2}$	大名片版
8 × 10.5	$3\frac{1}{2} \times 4\frac{1}{4}$	四分版
10 × 12.5	4×5	二片版
12 × 16.5	$4\frac{3}{4} \times 6\frac{1}{2}$	Cabinet 版
13 × 18		大型 Cabinet 版
16.5 × 21.5	$6\frac{1}{2} \times 8\frac{1}{2}$	八開版
20 × 25	8×10	六開版
25.5 × 30.5	10×12	四開版

以上尺寸為公制，誤差許可為 10%，但在 35mm 系統的材料不允許有誤差。

並無萬能照相機，依用途選用照相，有時因工作特質需具備 2～3 種機種，可依畫面尺寸大小分類照相機：

大畫面 營業用精密照相機。

小畫面 一般攜帶用照相機。