

工學小叢書

紅 外 線 攝 影

勞 林 著
余 小 宋 譯

商 務 印 書 館 發 行

工學小叢書

紅 外 線 攝 影

勞 林 著
余 小 宋 譯

商 務 印 書 館 發 行

中華民國二十六年一月初版

鐵

(62223)

工學叢書紅外線攝影一冊

Infra Red Photography

每冊實價國幣叁角

外埠酌加運費郵費

原著者 S. O. Rawling

譯述者 余小宋

發行人 王雲五

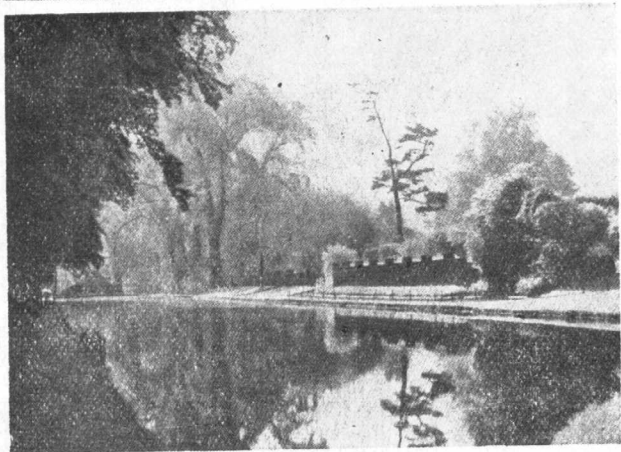
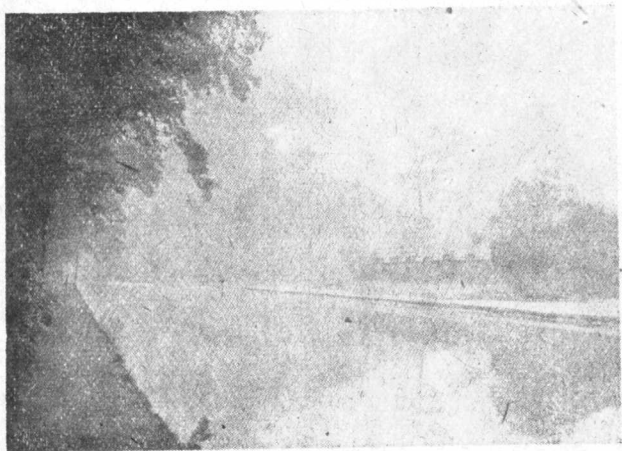
印刷所 商務印書館

發行所 商務印書館

版 翻
權 印
所 必
有 究

(本書校對者李家超)

插 圖 一
晨 霧



上圖係用汎色感光片,加紅濾光器所攝之照片。

下圖係用紅外線感光片,在鏡頭上加濾光器遮斷各種可見光線所攝之照片。

SW 722/14

序

紅外線爲光譜中肉眼可見光線外，波長在 $7600\text{\AA}$ 以上之射線。雖非吾人視覺能力所能感知，但其熱力之作用甚大，可用精密之溫度計測之，故亦稱之曰熱線。自一八〇〇年赫瑟爾氏 (Sino William Herschel) 發現此種射線以來，疊經阿樸納 (Abney) 及佛歌 (Vogel) 諸氏之研究，不但明瞭紅外線之性質，且能在攝影術上顯其特殊之效用。因紅外線爲長波射線，不受瀰漫於空際中烟霧塵埃之微粒所屈折分散，而有穿透烟霧，及能使遠距離目的物攝影清晰之特性，乃引起一般研究者之注意，由理論上之研究，逐漸達於實用上之講求。於是近數年來，紅外線攝影之進步，大有一日千里之勢。最近自有斯蒂芬大佐 (Capt. A. W. Stevens) 三百三十一英里之遠距離紅外線攝影，及柯達公司 暗中攝影之成績宣佈以後，更令人瞠目咋舌，驚奇不已，尤能引起一般軍事家之注意。蓋紅外線在攝影上之特性，既有穿透烟霧之能力，又能於黑暗中攝影，且其距離之遠竟可達三百英里以上。由此數點綜合觀之，設利用於

戰爭上，其威力影響於勝負，豈可忽哉。職此之故，紅外線在軍事學上頓成爲一重要之問題，現各國均努力於此種研究，雖其進步已達如何程度，因軍事秘密關係，非外人所能推測，若果能依其所具之重要特性，在應用上能充分發展，則現今之戰術上，或竟因此而發生絕大之變化。

紅外線攝影在軍事上既如此重要，各國研究所得之結果，常秘而不宣，故研究紅外線攝影之書籍盡屬普通之記載。詳盡之專書，殊不多覩。在學術貧乏之中國，更未見有此種書籍出版。僅於一二研究自然科學之雜誌中，偶有關於紅外線之文字發表。編者忱於我國人士，對於此種知識太感缺乏，乃以 S.O. Rawling 所著 *Infra Red Photography* 爲藍本，參攷英美各國攝影年鑑，攝影雜誌及中國牛頓社出版之雜誌「牛頓」等書，編譯此冊。內容先敘述光學上紅外線之原理與性質，次討論紅外線攝影之方法與應用，雖紅外線攝影之原理，涉及高深之物理學及攝影術；但本書係作初步之研究，敘述力求簡單，易於明瞭，不作高深之討論。本書之目的在使國人知紅外線攝影在時代上之重要性，現今埋頭研究，力圖猛進者，已不知達何種程度，冀能因此而引起國人之注意急起直追，努力於此種研究，則幸甚矣。

此書脫稿後，曾由本所同事胡彤伯先生校讀一次，多所指正，謹此誌謝。譯者對於光學既無深刻之研究，而攝影一道尤少經驗，錯誤之處，知所難免。倘蒙海內專家不吝指教，則無任榮幸。

余小宋序於眞如司法行政部法醫研究所

目 錄

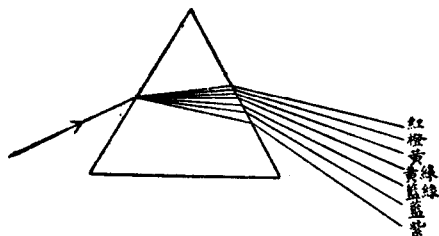
第一章	緒論.....	1
第二章	各種能感紅外線光之物質.....	8
第三章	紅外線感光片之處理.....	22
第四章	紅外線攝影之方法.....	33
第五章	紅外線攝影之應用.....	53

紅外線攝影

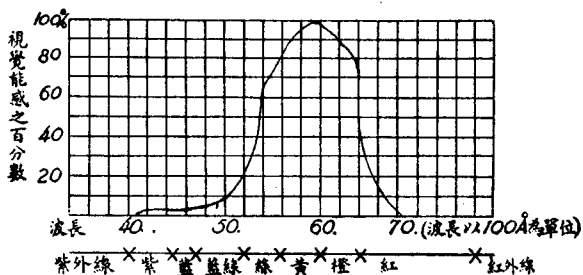
第一章 緒論

白色光之光線，經過透明之稜鏡 (prism) 而射於白紙或他種白色之物體上，其所生之現象可以第一圖說明之。蓋白色光線透過稜鏡，其所射之方向乃發生變遷而分散，或為一較寬之光帶，謂之帶狀光譜 (spectrum)，此種光譜呈有各種不同之顏色，適與雨後天空中所現之虹相似。由此種白色光線之分散，而呈各種有色之光線，可知所謂白光者，係光譜中各色光線所構成之混合光，其情形極為複雜。在光譜中所呈之顏色大別之可分為紫(violet)、藍(blue)、藍綠(blue-green)、黃綠(yellow-green)、黃(yellow)、橙(orange)、紅(red)七色。在光譜中紫色與藍色部份光線之曲折度，較橙色與紅色部份光線之曲折度特大。其餘綠、黃等色部份光線之曲折度，則具有中間性。換言之即光譜中各色光線之曲折度以紫色藍色為最大，由藍綠、黃綠、黃、橙等色以至於紅色，漸次減小也。至於光譜中各色光線之強

度，就人之視覺而言，則以光譜中部曲折適中之處為最強；故光譜中黃綠等色為最顯明。光譜兩端之紅色光線與紫色光線則極暗淡，過此以往，則逐漸無光而至黑暗。第二圖所表示者即人目對於各色光之感度。但此種黑暗情形，僅係肉眼所感之現象，其真實情形並非如此，在紫色光線與紅色光線之外，仍有更多之射線（radiation），雖為肉眼感光能力所不能覺，但可用精密之儀器考察之。在光譜中紅色光線與紫色光線以外



第一圖 白色光經稜鏡分散成為光帶其中可見之部份



第二圖 視覺對於光譜中各色光之靈敏度

爲肉眼所不能感覺之射線，謂之紫外線(ultra-violet) 與紅外線(infra-red)。

光線之成分中混有各種射線，透過稜鏡則分散而成光譜。凡由白色光線透過稜鏡，所生成之光譜，其各色光線之次序及性質，均完全相同。若研究光譜中射線之種類與性質，則極感困難，在物理上爲易於明瞭各種光與射線起見，用一種假說(hypothesis)，以解釋之。即假定瀰漫於太空之中有一種媒質，名曰以太(ether)，能傳達電磁波(electromagnetic waves)以經過空間。此種假設之物質與普通物質不同，不獨瀰漫於太空，即各物質分子之空間中，亦莫不有其存在。在物理上解釋透明之透光體，即係根據此種理論也。凡光之各種射線不同，係因其振動(vibration)之快慢不同所致，其振動速者，即與振動慢者有顯然之差別。就其振動之性質方面言，其頻率(frequency)愈大者，其光波之波長(wave-length)愈短，即光在每秒鐘內，其振動次數愈多者，其光波之長度亦愈短。故光譜中之各種光可依其頻率，或波長之數字，或每一厘米(centimetre)中光波之數字爲標準，而分別其種類。以波長爲標準(wave-length scale)而分類，爲研究光學中通用之方法，本書中所採用者，亦係此種。

波長者係相連續二光波間之距離。換言之，亦即一光波自起點至終點間之距離。普通各種光波之長均極小。在光譜中部綠色之光線，其經過空間時光波之波長，約為 5,400 埃斯特稜單位($\text{\AA}$ units)。每一埃斯特稜為一千萬分之一毫米 (millimetre)，係計算光波波長之單位，通常以 $\text{\AA}$ 表示之。

在光譜中各種光之射線，可依其一定之波長區分之，茲列表如下：——

射線之種類	以 $\text{\AA}$ 計算波長之近似數	
紫外線光(肉眼不能見者)	1000 至 3900	} 波長在此範圍 內所成之光， 在光譜中為肉 眼所能見者。
紫色光	3900 至 4400	
藍色光	4400 至 4900	
藍綠色光	4900 至 5100	
綠色光	5100 至 5500	
黃綠色光	5500 至 5750	
黃色光	5750 至 5900	
橙色光	5900 至 6300	
紅色光	6300 至 7000	
深紅色光	7000 至 7600	
紅外線光(肉眼不能見者)	7600 至約 10,000,000	

凡各種射線之波長，較紫外線之光波更短者，(即 $1,000 \text{\AA}$ 以下者)，及較紅外線之光波更長者(即 $10,000,000 \text{\AA}$ 以上者)

爲 X 光線光波，及赫芝波 (Hertzian wave) 或無線電波。

由上列之表可知在光譜中，紅外線所佔之區域最寬，其波長數字之範圍亦極大，係由 $7,600\text{\AA}$ 至 $10,000,000\text{\AA}$ 。雖非吾人肉眼所能見，但亦極關重要，故吾人應研究此種射線之各種特殊性質。在光分散之簡單試驗法中，用極敏銳溫度計 (sensitive thermometer) 置於分光景紅色光線外側，靠近紅色光線之處，觀察溫度計略向上升，可證明有此種射線之存在。因此科學上一般均承認紅外射線爲一種熱線 (heat rays)。

在光譜中可見之部份，呈有各種不同之顏色，此種特殊性質，係由於一定波長之關係，固已爲吾人所稔知。而在另一方面，則紅外線光所占區域雖極寬，而吾人之覺官尙不能有所感覺，足以說明紅外線光區域內，各種射線波長不同部份之特殊性質。在普通情形之下，常人均能感覺各種光源所發射可見之光，而區別其顏色與光度之強弱。紅外線光雖亦能刺激觸覺覺官，但較之在視覺器官中發生感覺之刺激，相差甚遠。故吾人對於此種射線之知識仍極有限。雖能感覺此種射線之強度，而對於光譜中如此遼闊區域內各射線性質上之不同，尙無由區別也。卽就普通感覺而言，有熱之射線射於吾人之體上，乃有溫暖感覺，但除此之外，既不能感覺此種有熱射線之波長，亦

無法區別此種有熱射線與另一種有熱射線之區別也。至於如何用人之感覺，證明在某一區域內有紅外線之存在，以後當作更進一步之研究，現今暫不討論。

用攝影方法，雖亦能使光譜中紅外線光廣汎區域之邊際感光，但其感光之範圍僅能及於波長約 $10,000 \text{ \AA}$ 之射線。若用特殊感光物質與特殊方法，則能用攝影法使波長 $20,000 \text{ \AA}$ 之射線，亦可感光。

就波長而言，紅外線光係波長自 $7,600 \text{ \AA}$ 至 $10,000,000 \text{ \AA}$ 之射線，在光譜中所占之區域極廣。由攝影法所能感光者僅為其所佔之區域一千分之一。由特殊感光物質與特殊方法所能感光者，亦僅為其所佔之區域千分之二。由紅外線光所佔區域全體之比例而言，實極微細。但由此所得之結果，有時實已足以驚人。當各種物質經過光譜時，為光線所照耀，其狀態發生驟然之變遷，在光譜中肉眼所能感之區域內，則所生之變遷為呈各種鮮明之顏色。在光譜內肉眼所能感之區域外，雖亦發生變遷，特非吾人之目力所能感覺。但此種肉眼所不能見之現象，可由紅外線攝影中感得。故紅外線攝影能使肉眼所不能區別之物質，呈顯然不同之狀態。再者，用紅外線攝影，亦能攝得肉眼所不能見之目的物，使其形態畢露。本書之目的係說明利

用紅外線攝影之方法，並略述其重要之理由。

光波波長之單位，在物理學上稱為埃斯特稜(Angström)簡寫為 $\text{\AA}$ ，為一毫米(millimètre)之一千萬分之一($\frac{1}{10,000,000}$ mm.)，如光譜中藍色光波之波長為 $4,400\text{\AA}$ 至 $4,900\text{\AA}$ ，若按毫米計算則其波長為0.00044毫米至0.00049毫米。但光波波長所用之單位，頗不一致。在各種攝影書籍中，有時用 $m\mu$ 為單位，係 millième de micron 之簡寫，為一毫米(millimètre)之一百萬分之一($\frac{1}{1,000,000}$ mm.)較 $\text{\AA}$ 大十倍。如 $4,400\text{\AA}$ 即等於 $440 m\mu$ 。在我國攝影刊物及發售照相材料之店舖中，通稱 $m\mu$ 為『度』，如某種感光片能感 $6,300\text{\AA}$ 至 $7,000\text{\AA}$ 或 $630 m\mu$ 至 $700 m\mu$ ，則稱為630度至700度。本書中所用之光波波長單位為 $\text{\AA}$ 。閱者知 $\text{\AA}$ 為 $m\mu$ 或度之十分之一，即可明瞭各書所用波長單位彼此之關係。

第二章 各種能感紅外線光之物質

普通攝影所用感光片，對於光譜中紫外線光區域，紫光區域，藍光區域內之射線極易感受。但對藍綠(blue-green)光射線感光之靈敏度(sensitivity)則極低，對於綠色光之射線，則幾毫無所感。當普通感光片對於光譜曝光時，在紅色光線與紅外線區域內之射線，則更不能有感光作用。例如紅花黃花與綠葉相映成趣，用普通感光片攝影，則均呈黑色，彼此毫無區別。故對於光譜中之綠，橙，紅，紅外等區域中射線之攝影，須用特殊之方法與特殊之感光物質。

紅外線攝影之磷光法(phosphorescence method) 有若干種物質，經紫外射線或藍光之射線照耀，雖光源已離去後，仍能發光，此種光謂之磷光(phosphorescent light)，呈淡藍色。設攝影所用之普通感光片與有磷光發生之物體接近，亦能顯像。紅外射線射於有磷光發生之物體上，在最初磷光之發光本領(luminosity)增加，但其衰變率(rate of decay)亦加速甚驟，最後紅外射線能使磷光熄滅甚速。設在攝影時用有磷光發

生之幕，使其一部份先暴露於紅外射中，則受其照射之處燐光消滅。再用普通感光片攝影，則在顯影之時，由紅外射線在感光片上所成之像爲正像 (positive)。用此種方法所能攝得者，可達光譜中紅外線波長 $20,000 \text{ \AA}$ 之部份。

由潛影消滅之紅外線攝影 (destruction of latent image) 赫瑟爾 (Herschel) 於 1840 年發現曾經曝露於藍光中之感光片，再暴露於紅光或紅外射線中，則第一次由曝露於藍光中所生之潛影 (latent image) 消滅，而第二次在紅光或紅外射線曝光所得之結果爲正像。後經多數攝影家加以研究，於感光片上加某種染色劑 (dyes) 所得之效果更大，幾經研究，紅外線攝影乃日漸增進。至 1924 年，利用紅外線攝影在水銀光譜中 (mercury spectrum) 所能感者爲波長 $11,280 \text{ \AA}$ 之紅外射線。

攝影乳膠 (photographic emulsions) 之直接感光性 以上所述，用紅外射線攝影之方法，均係間接感光，在攝影術上尚不合用。現所欲研究之問題，乃紅外射線如何能運用於普通攝影上。即感光片經紅外射線感光後，如何能使其所顯者爲底片 (negative)。爲達到此種目的，對於紅外線攝影所用之感光片，其靈敏度必須有所變更，且須擴充其所能感光之範圍。