

第 L.6 章 ▶▶ 偏光鏡的基本概念

本章的目的只有一個：討論線偏光鏡與圓偏光鏡的差異。我們從光與反射開始討論(第L.6.1節)、並且介紹偏極化的概念，由此引出偏光鏡的原理(第L.6.2節)。接著，我們討論線偏光鏡可能帶來的困擾(第L.6.3節)，這是比較長的一節，提到了線偏光鏡對使用分光鏡或分光稜鏡相機中測光與自動對焦系統的影響，由此而引出圓偏光鏡的概念(第L.6.4節)。最後，第L.6.5節是個總結。雖然本章嘗試把技術知識的需求降到最低、並且採用比較直觀的討論方式，但還是免不了會涉及技術層面，所以若對技術性的討論不感興趣，不妨略過本章，因為結論是很簡單的：**單眼相機用圓偏光鏡，絕大多數(或幾乎所有)消費型數位相機既可以用線偏光鏡、也可以用圓偏光鏡。**

L.6.1 光與反射

固然傳統上我們把光視為一束沿直線進行的粒子，但是光也可以看成波

動。我們不妨這樣想，手上拿一條繩子有規則地上下抖動，繩子就會產生波峰與波谷把抖動的力道傳出去；光的波動也是類似的，一束光的各個成員就以這個波動的方式向同一個方向前進。然而，光與繩子的比喻之間有一個很重要的差異。當我們抖動繩子時，繩子的振動在同一個平面上；換言之，如果上下抖動繩子、它的振動就在與地面垂直的平面上，如果水平抖動繩子而且不計地心引力影響、它的振動就在與地面平行的平面上。但光的波動就不一樣了，光束中成員會以與行進方向垂直的任何方向振動。

請看圖 L-6-1(a) 中的例子，圖中光進行的方向與紙面垂直，我們用箭頭表示振動的方向；若振動方向沒有偏好(亦即所有方向都會均勻地出現)，我們就說這道光是**未偏極化**或**未極化**(unpolarized)的。然而光的振動卻不一定會在各個方向都均勻出現，圖L-6-1(b) 中指出大多數的振動集中在水平方向而沒有垂直方

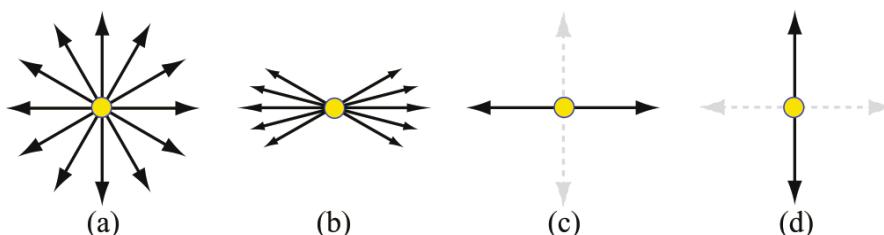


圖 L-6-1

向；圖 L-6-1(c) 與 (d) 是兩個極端，前者只有水平的振動方向、而後者只有垂直振動方向。這些振動方向不均勻的光就叫做**偏極化**或**極化**(polarized) 光。

基於波動的特性，光被反射時會出現一個有趣的現象。依物體表面的特性，被某些物體表面反射的光會被偏極化，在日常生活中最常見到的就是水面與玻璃；當未偏極化的入射光到達這些物體表面時，反射光的振動方向(在理想狀態)與該物體表面平行，於是反射光成為偏極化的光。圖 L-6-2 中用三個物體表面做例子，從光源出發未偏極化的光到達地面 G 被反射後，反射光仍然是未偏極化的；但若入射光到達水面 W，因為水面會把反射光偏極化，反射光的波動方向只留下水平方向；如果入射光到達一面垂直的鏡子，反射光的波動就只剩下垂直的方向。這個偏極化的現象就是可以用偏光鏡過濾水面與玻璃反光的基本理由。

L.6.2 線偏光鏡原理

線偏光鏡內部有一片薄膜，它的結構只容許沿某個方向振動的光通過、並且擋住沿其它方向振動的光；圖 L-6-3 是個示意圖，圖中用間隔的條紋表示容許通過的振動方向；在到達濾鏡前的光是未偏極化的，如果線偏光鏡的位置只容許垂直振動的光通過(圖 L-6-3(a))，經過偏光鏡後只會有上下振動的光；圖 L-6-3(b) 中是把線偏光鏡的方向調到與垂直方向成 30 度的位置，當然就只容許沿該方向振動的光波通過。

實際拍攝時並不需要知道偏光鏡的角度，只要調整偏光鏡直到看不見不需要的光就行了，這就相當於把偏光鏡角度調到可以阻擋不需要的光的振動方向。另外，因為經由水面或玻璃反射的光會被偏極化，用線偏光鏡就可以很容易、而且很有效地阻擋這些反射光。

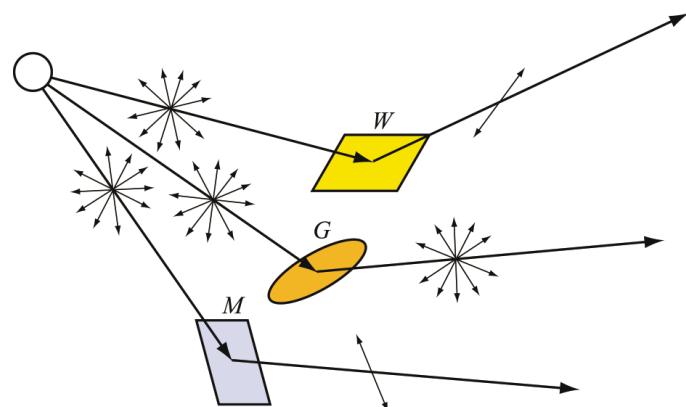


圖 L-6-2 (G: 地面 M: 鏡面 W: 水面)

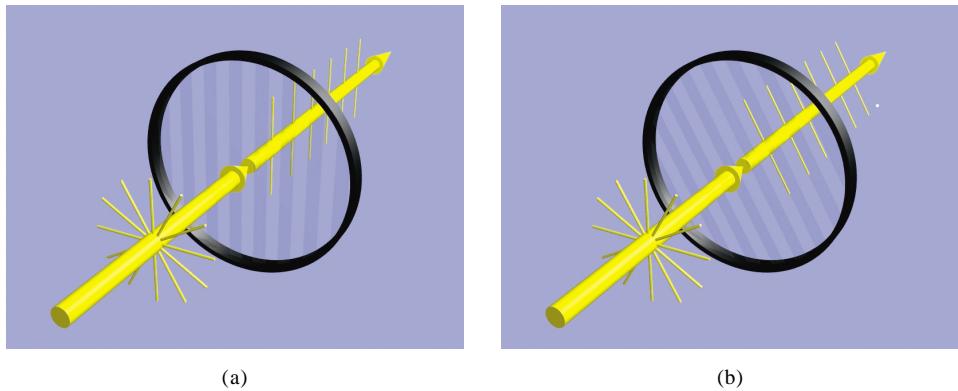


圖 L-6-3

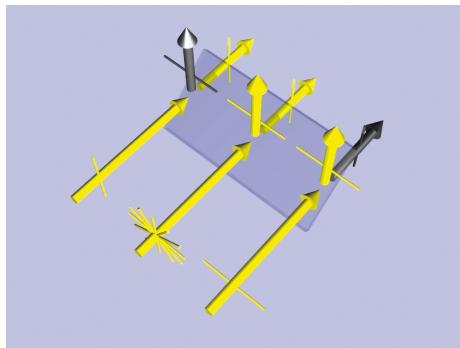
L.6.3 線偏光鏡帶來的困擾

雖然線偏光鏡可以有效阻擋某類型的反射光，但它也同時帶來一些困擾。在下面的討論中，我們採用一個習慣的記號，把光波的振動分解成兩個相互垂直的方向，於是當偏光鏡擋住其中一個方向的振動時，留下來的就是另一個垂直的方向。

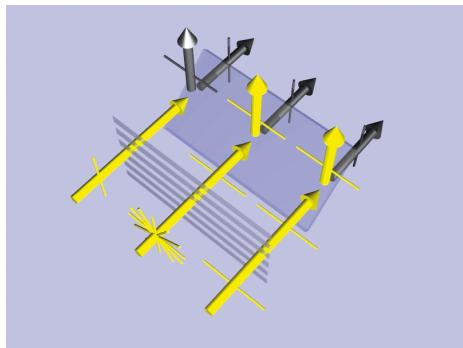
因為光經過水面或玻璃的反射後，反射光的波動方向會與該表面平行，這就產生問題了。不少相機中會用分光鏡或分光稜鏡把入射光分解成兩束，一束送到觀景窗做取景構圖用，另一束則送到對焦或測光系統；因為分光鏡或分光稜鏡是透過反射與折射達成分光的目的，於是反射部份就是困難所在。圖L-6-4(a)是一個典型的單眼相機例子，圖中有一面分光鏡（單眼相機中的反光鏡），入射光到達分光鏡時有一部份被反射向上到達觀景窗，另一部份則穿過分光鏡到達對焦或測光系統。圖中的中央光束是未偏極化的，當它到達分光鏡

時，水平振動（與鏡面平行）的光被反射向上，其它部分則穿透鏡面。如果入射光被偏極化成水平的振動（圖中右邊的光線），這束光線到達分光鏡時就全部被向上反射而不會有穿透的部份（圖中用深色箭頭表示）；如果入射光已經被偏極化成只有垂直的振動，於是就只有穿透的部份而沒有反射的部份。

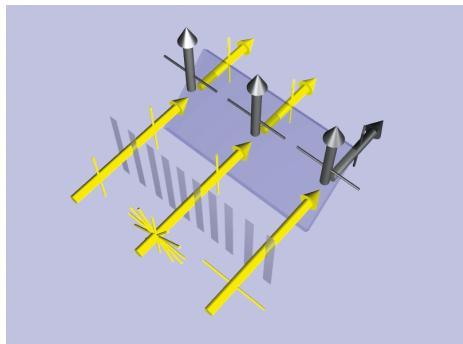
如果在鏡頭前方加了線偏光鏡，而且調整到只容許水平振動部份通過，這就是圖L-6-4(b)，圖中分光鏡前方的線條代表線偏光鏡。在這個情況下，未偏極化的入射光只有水平振動的部份會穿過線偏光鏡，於是造成觀景窗得到反射光而對焦或測光系統得不到穿透的光；已經被偏極化成只有水平振動的入射光也有相同的結果。但是，已經被偏極化成為只有垂直振動的光，就既到不了觀景窗、也到不了對焦或測光系統。總之，在圖L-6-4(b)的情況下，只有未偏極化或已經被偏極化成為水平振動的光



(a) 無偏光鏡



(b) 偏光鏡在水平位置



(c) 偏光鏡在垂直位置

圖 L-6-4

可以到達觀景窗，但三者都到不了對焦或測光系統！把線偏光鏡轉 90 度的態勢是圖 L-6-4(c)；基於同樣的推論，我們得到三者的光都到不了觀景窗，只有未偏極化或已經被偏極化成為垂直振動的光可以到達對焦或測光系統！

因為上述的原因，鏡頭上線偏光鏡的旋轉角度會把未偏極化的入射光以不同比率送到觀景窗和對焦或測光系統；譬如，當偏光鏡角度是水平時(圖L-6-4(b))，觀景窗得到某個強度的光、但對焦或測光系統得到的幾乎是零，當偏光鏡角度是垂直時(圖L-6-4(c))，對焦或測光系統得到某個強度的光、但觀景窗得到的幾乎是零。實際系統當然不會那麼極端，但變化也可能相當大。好比說，若原設計中分光鏡會把 75% 的入射光送到觀景窗，25% 送到對焦或測光系統，寫成 75 : 25；裝上線偏光鏡並且用 45 度角時，比率會變成 62 : 38，改用 135 度時比率就是 88 : 12！

為什麼這個比率變動影響那麼大？考慮一道強度固定的入射光，在不加線

偏光鏡時，測光系統用 25% 的入射光量決定曝光；為了方便說明起見，我們假設現場亮度與 ISO 敏感度固定的前提下，入射光的強度相當於 10 EV，於是四分之一的強度(亦即 2.5 EV)的光會到達測光系統，因為測光系統知道它只會收到四分之一的強度，在進行運算時會把測到的值放大四倍處理，於是正確地還原成 10 EV。

再考慮加上一片會損失 1 EV 的線偏光鏡，於是入射光通過線偏光鏡後剩下 9 EV，在正常的情況下，測光系統

會得到 $2.25 \text{ EV} = 9 \times 0.25$ 的光，再放大四倍還原成 9 EV ，但裝上線偏光鏡就出問題了。如果線偏光鏡定在 45 度位置，有 38% 的光（亦即 $3.42 \text{ EV} = 9 \times 0.38$ ）會被送到測光系統，於是在放大四倍後測光系統認為入射光的強度有 13.68 EV （大於實際的 9 EV ），所以會用比不加線偏光鏡時更快的快門速度或更小的光圈、因而造成曝光不足！如果偏光鏡定在 135 度位置，有 12% 的光（亦即 $1.08 \text{ EV} = 9 \times 0.12$ ）會到達測光系統，經過放大四倍後測光系統認為入射光的強度為 4.32 EV （只有實際 9 EV 的一半不到）、因而造成曝光過度！所以，在有分光鏡或分光稜鏡的機型上使用線偏光鏡時，會得到不正確的測光結果。

線偏光鏡也會影響到自動對焦功能。每一個自動對焦系統都需要某個程度的亮度才能正常作業，如果加上偏光鏡之後造成分送到自動對焦系統的光少於最低要求，自動對焦就無法作業；譬如，在上面的例子中，當線偏光鏡定在 135 度時只能分送 12% 到測光或自動對焦系統（而不是期望的 25%），這個 12% 在場景亮度較低時可能就低過自動對焦的最低要求了。

幸運的是，有分光鏡或分光稜鏡的機型幾乎都是單眼相機或一些老機型（譬如 Olympus 的 E10 與 E20），目前的消費型數位相機幾乎都不再使用分光鏡或分光稜鏡，所以在消費型數位相機上用線偏光鏡一般不會有問題。

L.6.4 圓偏光鏡原理

圓偏光鏡是為了克服線偏光鏡對測光與自動對焦系統的影響所發展出來的。圓偏光鏡中有兩片薄膜，第一片（面對被攝體的）是傳統的線偏光鏡，在它後方（亦即線偏光鏡與鏡頭之間）是另一片薄膜，通常叫做四分之一波長延遲膜（quarter-wave retardation plate）；這片薄膜有兩個軸線，快速軸與慢速軸，快速軸與線偏光鏡容許通過的振動方向成 45 度角。圖 L-6-5 中 A 表示未偏極化的光，條紋部份 B 是線偏光鏡，所以入射光通過線偏光鏡後只剩下垂直振動的部分。圖中 C 是第二片薄膜，藍色線的方向是快速軸方向，因為慢速軸與快速軸垂直，所以圖中沒有標出來。

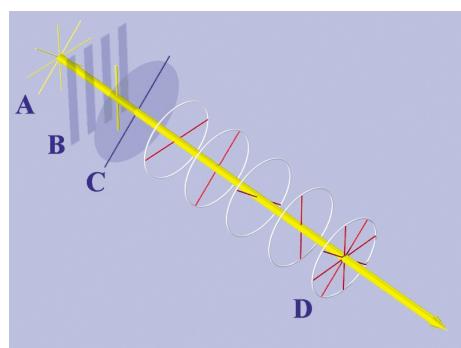


圖 L-6-5

四分之一波長延遲膜的功用，就是依被偏極化的光的振動方向把入射光做不同速度的延遲。當入射光到達這片薄膜時會被分解成兩部份，一部份依快速軸方向振動、另一部份取慢速軸方向，這個速度的差異加上薄膜的厚度使兩部

份相距四分之一的波長，於是最終的結果就是把線性的入射光經過旋轉組合、而不再是沿單一方向振動，這就是**圓型偏極化** (circularly polarized) 光，當它到達分光鏡時就與未偏極化的光相同了；這個旋轉與組合的動作得到圖 L-6-5 中 D 的圓型偏極化光，因為它的振動方向被旋轉過，於是經由分光鏡送到觀景窗和測光或對焦系統的比率就不會改變。請注意一點，因為在前方的線偏光鏡已經阻擋了不需要的光，最後的結果 D 只不過是把保留下來的線性偏極化光轉換成圓型而已；從這個討論，相信不難體會出線偏光鏡與圓偏光鏡中「線」與「圓」的由來。

L.6.5 小結

本章希望在不引入太多純技術知識的前提下，用比較直觀的方式解釋線偏光鏡與圓偏光鏡的差異、以及線偏光鏡可能帶來的困擾。好在是，造成困擾的是相機中的分光鏡或分光稜鏡，因為消費型數位相機中沒有這一項配備，所以既可以用線偏光鏡、也可以用圓偏光鏡，但單眼相機因為反光鏡的關係，就得用圓偏光鏡了。