

# 大家來玩鏡子

張桂蘭 陳俊良

**在** 日常生活中，鏡子是非常普遍的日常生活用品，但您知道鏡子到底有哪些種類？為什麼會這麼普及嗎？

藉由不同鏡片的組合，可以創造出適合各種用途的光學工具；在天文上，透鏡和面鏡是組成基本觀測工具——望遠鏡——的重要材料。他們將光線的行進方向改變，因此可以將遠方的東西「拉近」、「放大」，甚至讓它變得更「清晰」。本館展示場二樓「天文台與望遠鏡」區中所展示各種鏡子，是一個大小朋友都喜歡在此流連的地方，而這次展示場導覽要為各位介紹的，也就是這些有趣的鏡子。

讓我們先簡單認識一些基本的光學原理：



## 一、透鏡：

「透鏡」(lens)就是指光線可以穿透鏡身，使光線行進方向偏折，我們把這種現象稱為折射。一般透鏡可以粗分為「凸透鏡」(convex lens)和「凹透鏡」(concave lens)兩種，前者可匯聚光線，後者則是將光線發散。

圓形鏡片的直徑稱為「口徑」(aperture)，通常以「D」來標示。而垂直於直徑，穿透鏡面中心的直線稱為「光軸」(light axis)。平行光軸的光通過凸透鏡後會在鏡後聚集在光軸上某點，而通過凹透鏡後似乎在鏡前也匯聚成一點，這一點稱之為「焦點」(focus)，鏡片的前後各有一個焦點，若鏡片兩側的曲率相同，則兩焦點至鏡心的距離亦相同。鏡心到焦點的距離稱為「焦距」或「焦長」(focal length)，通常以「f」或「F」來標示。鏡片的焦距與口徑的比值( $F/D$ )稱為「焦比」(focal ratio)，通常以「f/」來標示。一般來說，一塊「一體成形」的鏡片在口徑不變的條件下，若它的表面愈彎曲，光線被偏折的角度會愈大，那麼它的焦長便會愈短，焦比因此比較小；反之，表面愈平坦，焦長會愈長，焦比也愈大。

### 1. 凸透鏡：

鏡片中心的厚度比鏡片周圍厚的透鏡稱為凸透鏡。一般常用的放大鏡就是一種凸透鏡，人類眼睛中的水晶體也是一種凸透鏡，相機中的鏡頭也有使用凸透鏡聚焦並成像的。

# Preview

光線穿透凸透鏡後，會被鏡片向內折射而會聚，因此凸透鏡有聚光的功能，又稱為「會聚透鏡」。平行光經過凸透鏡後會被聚焦到焦點上；想想看，如果在焦點上有一個點狀光源，它所發出的光經過凸透鏡折射後會變成什麼樣子呢？答案是：會變成互相平行的光線。

凸透鏡成像後影像的方向和大小，甚至於會不會聚焦，要視原來物體所在的位置和大小以及觀測點的位置來決定。如何決定的訣竅有兩點：

某一光源發出的光

- (1) 通過鏡心後的方向不改變。
- (2) 平行光軸的光通過鏡片後會折向焦點。

所以：

若有一根蠟燭放置在凸透鏡焦距以外的地方，則在鏡片另一側焦點以外的地方（在鏡後）出現倒立的「實像」；即用一塊屏幕放在這裡的話，可以用眼睛看到蠟燭在屏幕上的倒立影像。物體與凸透鏡距離越遠，物體影像會越小。您可以按照上述的兩個訣竅自己畫畫看，就可以瞭解了。這也就是我們的眼睛看越遠的東西會覺得它越小的原因了。

如果物體恰好在焦點上，則無法見到影像。

當物體處在鏡前焦距以內的地方，則光線無法在鏡後聚焦，所以看不到實像。有趣的是，若把這些光線反向延伸，可以發現他們會在鏡前交於一點。當然光是不會往後跑的，所以站在鏡後往鏡前看時，可以看到實際物體的後面有一個被放大的正立影像，而若放一個屏幕在影像所在的地方，卻什麼也看不到，這就叫「虛像」。當物體離凸透鏡越近，所成的虛像越大。當東西非常靠近我們眼睛時，例如眼睫毛，我們就完全看不到它們了。

## 2. 凹透鏡：

鏡片中心的厚度比鏡片周圍薄的透鏡稱為凹透鏡。近視族配戴的近視眼鏡就是凹透鏡的一種。

光線穿透凹透鏡後，會向外折射而發散，無法聚焦，因此凹透鏡又稱為「發散鏡片」。若將發散後的光向行進方向的反方向延伸，會發現這些延伸線似乎也會在光源那一側的光軸上交在同一點上，這就是凹透鏡的焦點。所以同凸透鏡一樣，判



斷凹透鏡所成之像大小，也有兩個訣竅：

某一光點發出的光

- (1) 通過鏡心後的方向不改變。
- (2) 平行光軸的光通過鏡片後會向外折，折向後的光反向延伸會經過鏡前的焦點。

因此站在凹透鏡的後方，可以看到比實際物體小的正立「虛像」，而且是離鏡片越近者，所成之虛像越大，但都大不過原物體尺寸。

## 3. 其他透鏡

之前1和2談的是「正常的」凸透鏡和凹透鏡，即鏡片的兩側向外凸出而曲率相同的「雙凸透鏡」，及兩側向內凹入而曲率相同的「雙凹透鏡」。有些鏡片因需要會磨製成不同的外形，例如一側平坦的「平凸透鏡」，一側凹入的「凹凸透鏡」（中心厚、邊緣薄），一側凹入的「凸凹透鏡」（中心薄、邊緣厚），或是一側平坦的「平凹透鏡」。原則上，光線行經這些透鏡的原理和雙凸或雙凹透鏡相同。把這些鏡片加以組合，就是我們平常看到的望遠鏡中的的目鏡或折射式望遠鏡的物鏡。

## 二、面鏡：

「面鏡」就像是平常梳妝打扮用的鏡子一般，光線接觸到鏡面後會被反射回原行進方向的同一邊，無法穿透鏡身。同透鏡一樣，「光軸」、「焦點」、「焦長」、「口徑」和「焦比」等概念亦適用在面鏡中。

一般來說，面鏡的命名是按照面鏡可以反射物體的那一面來決定，因此可分為「平面鏡」(mirror)、「凹面鏡」(concave mirror)和「凸面鏡」(convex mirror)。

### 1. 平面鏡：

平常用的梳妝鏡就是「平面鏡」的一種，光線被反射後所形成的像，除了會左右相反外，像的大小、形狀、以及與鏡子之間的距離，都和原物體相同。但是這個「像」是虛像，在您覺得有影像的地方放一個屏幕，並不會真的有影像出現在上面。雖然平面鏡在生活中最常見，但因為不具備改變物體大小、增亮等功能，因此除非是要改變光線行進方向，望遠鏡的主要結構中很少採用平面鏡。

### 2. 凹面鏡：

會反射物體的那一面鏡面向鏡子內凹者稱之。來自遠方的平行光線接觸凹面鏡的鏡面後，會

被反射並向內聚焦。根據它「凹」的方式可將凹面鏡分為：球面鏡和非球面鏡的橢球面鏡、拋物面鏡和雙曲面鏡等，不論是哪一種都有聚焦的功能。其中，由於各個方向都對稱的球面鏡是凹面鏡中較簡單的一種，所以下面的討論均先以球面鏡為主。

要判斷凹面鏡成像後的情形，有二點要注意的：

光源所發出之

(1) 平行於光軸的光，經凹面鏡反射後會通過焦點，反之通過焦點的光經反射後會平行光軸。

(2) 經過球心的光，方向恰好相反，會循原方向返回（因為垂直球形鏡面的切線）。

則由(1)和(2)，你可知位在光軸上的光源所發出平行光軸的光，被反射後會朝向哪一個方向？哈哈！當然還是在光軸上囉！因此成像後的大小、方向、虛實如下：

如果有一根蠟燭放在凹球面鏡球心以外的地方，則會在球心和焦點間形成倒立、縮小的實像；蠟燭離鏡面越遠，所成之像會越小，並且會越接近焦點所在位置。

如果蠟燭位在球心上，則同樣會在球心上形成大小相同的倒立實像。

若蠟燭是放在球心到焦點間，則會在球心以外的地方形成放大的倒立實像。

如果蠟燭是放在焦點以內，則站在鏡前會看到鏡後有放大的正立虛像。

在焦點上無法成像。

### 3. 凸面鏡

可反射物體的那一面鏡面向鏡子外凸者稱之。物體的光線經過凸面鏡反射後會向外發散，故無法聚焦；但同凹透鏡一樣，將其光線延伸後，也會在鏡後產生虛像。

判斷凸面鏡成像大小與方向的訣竅與凹面鏡類似：

來自光源的光線經凸面鏡反射時

(1) 平行光軸的光線經反射後，向反方向延伸會經過鏡後的虛焦點。

(2) 經過球心的光，方向恰好相反。



# Preview

因此，利用上述兩點來對物體作凸面鏡成像的圖時，你會發現所有凸面鏡所成之像，都是在鏡後的鏡面到虛焦點之間產生縮小的正立虛像；當物體離鏡面越遠，所成之虛像越小，並且會越接近虛焦點。

底下是展示場二樓中，陳列的鏡子。

## 縱凹鏡 (vertical concave mirror) :

凹面鏡中，鏡片僅在垂直方向上向內凹入，故原理仍可採用上述「凹面鏡」的原理。站在鏡前會覺得整個人被「拉長」了喔。

## 橫凹鏡 (horizontal concave mirror) :

凹面鏡中，鏡片僅在水平方向上向內凹入，故原理亦仍可採用上述「凹面鏡」的原理。站在鏡前會覺得整個人都變得「everyday」(矮肥短)了呢。

## 縱凸鏡 (vertical convex mirror) :

凸面鏡中，鏡片僅在垂直方向上向內凸出，故原理仍可採用上述「凸面鏡」的原理。哈哈，不想看自己變成小矮人的模樣？

## 波浪鏡 (wave surface mirror) :

上半部為凸面鏡，下半部為凹面鏡，所以人的上半身會縮小，下半身卻放大，看看自己的那兩隻超級大腳丫，很有「笑」果喔！

## 搖擺鏡 (vibration mirror) :

兩片呈 180 度相對的平面鏡互相反射影像，鏡中有影，影中有鏡。若搖動外側可動的那一塊鏡片，可以看到整個影像都在晃動。

## 直角鏡 (right-angled mirror) :

兩片呈 90 度直角相對的鏡片互相反射影像，會發現即使在鏡片交界的地方，仍能看到完整的影像。站在鏡子前方，你一共會看到幾個自己的影像呢？它們是否有左右對調的影像反轉現象？

## 多像鏡 (multi-image mirror) :

將許多片平面鏡做在一個弧面上，使得每一片鏡片反射的角度略有不同，每一片平面鏡所成之像亦不同，所以可以看到很多影像，彷彿本尊與分身同時出現。

## 球面鏡 (spherical mirror) :

想不想和自己握個手？在手接近球心的時候，也會在球心處產生與自己的手相同大小的倒立



實像，就像你真的摸的到那手一樣喔！這是標準的凹球面鏡，所以前述「凹面鏡」中所討論的所有細節都適用於此，不妨仔細想想，對照本文，看結果是否與文中所提相同。

## 變化鏡 (variable surface mirror) :

鏡片本身是可改變彎曲程度與彎曲方向的。利用鏡片後方的控制系統，當按鈕按下後，鏡片就會來回的凹入、凸出，您就可以看到自己的影像及身後視野大小的變化了。

由於以上這些鏡片都是利用凹面鏡、凸面鏡和平面鏡的基本原理製成的，所以不妨嘗試著走近和遠離鏡片，看看影像虛實、正倒、大小的變化，可以讓您想「瘦身」、「增肥」的效果立現，不錯吧！

## 三、小小的叮嚀：

在此要提醒您，這些鏡子固然可以讓大小朋友開懷大笑，但是在開心之餘，別忘了順便學學光學成像的原理。另外，由於鏡片鍍膜容易損傷，您看看的同時，千萬提醒大家別用手去觸摸鏡片，甚至用力拍打鏡片或用尖銳物品刮傷鏡面，如此一來鏡片當可常保如新，讓每個來本館參觀的人都可以在此學習光學原理，不致空手而回，徒留遺憾。下次，我們繼續看看『望遠鏡和天文台』吧！

作者：現職台北市立天文科學教育館