

從迷思概念研究的觀點探討中國古籍中的影與像

邱韻如

(長庚大學通識中心物理科，本會會員)

摘要 成影和成像是日常生活中常見的現象，也是幾何光學中重要的概念。本文試從迷思概念研究的觀點來檢視中國古籍中先賢們的影像概念，先以幾個國中生的個案來闡述他們在解釋成影及成像問題時的想法，再以今釋古進一步檢視中國古籍中對成影與成像現象的文字表述，指出古今共有的迷思概念，由其相似性探討其中蘊義及對教學與科學史研究的啟示。

關鍵詞：迷思概念、幾何光學、影像、科學史

一、前言

在解釋成影或成像問題時，認為物體本身會發射出影像來、物體在光的照射下會產生或發射影像、鏡子或透鏡具有將物體影像顯現出來的功能、光線會將影像帶到屏幕上等等的想法，筆者將其通稱為「影像發射概念」^{2,3}。許多針對中小學生（甚至包括大學生）的研究都指出這是很普遍的迷思概念^{2,3,4,7,9}，即使是古希臘時代的先哲，如伊壁鳩魯（Epicurus, 341~270B.C.），也認為視覺是物體發出影像（稱之為 eidola）到達人眼而產生的。漢語大辭典對「影」的解釋是：「人或物體因遮住光線而投下的暗像和陰影」，也透露出「影像發射概念」的想法。

很多學生認為光在成影或成像時所扮演的是「照射」的角色，他們在圖上所畫的線，通常只是代表「光亮」、「光的照射方向」、「影像發射」、或者只是作圖的輔助線²，甚至有些學生認為一條光線即可成像⁵。Goldberg & McDermott (1987) 設計了一個特別的實驗，將透鏡遮掉一半，很多學生就認為只能看到一半的像。有許多研究重複這個實驗，也推廣到平面鏡，都得到相同的結果。這些學生認為面鏡或透鏡具有顯像的功能，因此遮掉一半時，像就剩下一半，除此之外，有不少學生認為針孔、面鏡或透鏡都具有將影像倒過來的功能^{2,9}。

在解釋成影成像的問題時，很多學生會使用「反射」、「折射」等字眼來說明。這並不代表他們瞭解光學上反射和折射的定義。當學生說：「影子是由於光照射到一物體所反射產生的」，他們所謂的「反射」可能指的是影像從物體的背面發射出來的意思。同樣的，在面鏡成像的問題中，學生所謂的「反射」常常是指鏡子把物體的像照出來的意思。有些學生在成像的問題中畫出交叉的二條光線（如圖 1.7 和 1.8），依此來解釋物體的影像會上下或左右顛倒，並誤將其稱之為「折射」或「反射」（邱韻如,1998）。

本文試從概念研究的觀點來檢視中國古籍中影與像的概念，探討其中蘊含的意義及其對教學上的啟示。本研究先以幾個國中生個案來闡述學生的「影像發射概念」，再由此進一步檢視一些中國古籍中的個案，來說明這二者的相似性及其意義。

本文原發表於高師大科學教育研究所及國立高雄科學工藝博物館主辦之科學博物館與科學的教學國際研討會（2006 年 3 月 17~19 日），經重新修稿而成。

邱韻如，國立台灣師範大學物理學博士，電郵：yjchiu@mail.cgu.edu.tw，從事科學教育與物理教材教法之研究，其教學與研究相關資料均見格物致知網站 <http://memo.cgu.edu.tw/yun-ju/index.htm>

二、以一些個案為例探討學生的迷思概念

(一) 影像發射概念

從下面幾個個案的文字表述和作圖 (圖 1.1~1.8), 可以看到學生所畫的直線不見得是光線, 有的是代表光照過去或是影像發射過去的意思, 或者只是代表光亮的意思。

學生所說的「反射」和「折射」, 不見得符合學科概念中的意思 (圖 1.1~1.4), 圖 1.5 的個案, 把「影像投射」的概念很清楚的畫出來。

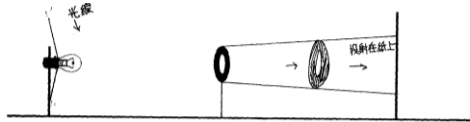


圖 1.1 CSHN0105: 影子是光線照出所產生的影像, 投射在紙上。

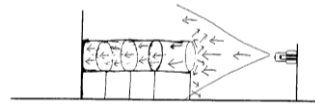


圖 1.2 LUKNG352: 影子是由光線經過不透光體, 阻擋而形成的。

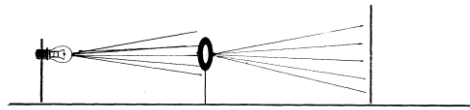


圖 1.3 WCHN181: 影子由光照射一物體, 所反射產生的。

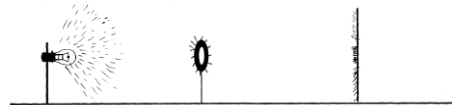


圖 1.4 WCHN070: 光照到物體, 無法透過去, 被折射到別的地方去, 因此形成影子。

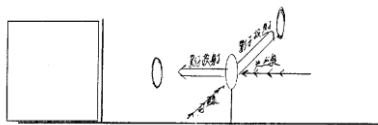


圖 1.5 LUKNG338: 光線照到物體上, 而物體的影子投射到屏幕上。

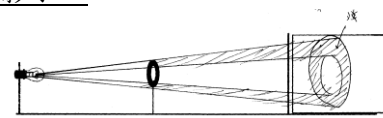
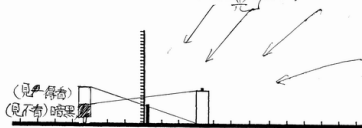


圖 1.6 CSHN0529

圖 1.7 是一個相當有意思的例子, 這位學生認為鏡中的像是“由光線反射, 把物體的形象映在鏡子中”, 他認為鏡子被遮一半時, 像就剩下半個, 更有趣的是, 他所謂的「反射」就是交叉的光線造成影像上下顛倒, 他認為沒人看的時候, 像是顛倒的, 有人看時, 人眼會把像轉回來 (圖 1.7)。

六. 現在鏡子被遮住下半部了。請畫下圓柱體的像的形狀和位置。請再用光線的道理畫出來。(沒有人看鏡子)



七. 請畫下王小姐所看到圓柱體的像的形狀和位置。王小姐所看到的像和第六題的有一樣嗎? 不一樣請用光線的道理畫出來。

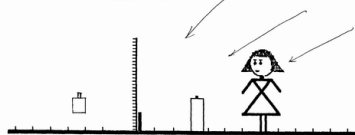


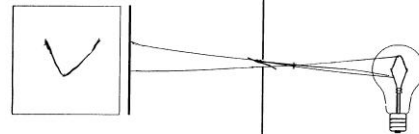
圖 1.7 RUSI096

6. 又如果改變圓筒的大小, 您認為屏幕上的像會發生什麼變化?

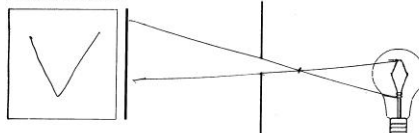
改變之圓筒, 愈大的, 用在屏幕上之影像愈大, 光線愈模糊, 而小則則影像小而清楚

請再用光線的道理畫出您的想法。

(a) 圓筒比原大小時



(b) 圓筒和原大小無異時



(c) 圓筒比原大小大時



三種情形的像有一樣嗎? 為什麼?

三種情形不同, 因為其光線的焦點不同, 但所印出之影像其上下可翻轉相同

圖 1.8 WCHNA052

(二) 像為什麼是倒的？

學過針孔成像的學生大都知道所成的像是上下顛倒的，同樣的，有些透鏡也會產生倒立的像。這些像為什麼是倒的呢？有些學生認為燈絲發光時就會產生一個像，而針孔具備能把像倒過來的功能：

光線經過針孔的原理，好比是照相機拍照片時，經過鏡頭，把鏡頭前的影像給上下左右顛倒。(國二, WCHNA049)

當光線通過紙板上的小孔時，由於光線通過此小孔時產生了折射，所以映在屏幕上的影像是一顛倒的影像。(國二, WCHNA055) (這位學生所謂的「折射」，指的是把像上下顛倒過來的意思，類似圖 1.8)

透鏡成像的問題對學生來說是相當複雜的。雖然中學幾何光學的重點是放在透鏡成像上(至少老師教的時候是這樣的)，但能真正瞭解透鏡成像的道理或是將透鏡成像和折射定律之間的關係弄清楚的學生並不多。我們認為，那些極少數會依照透鏡成像的法則畫出“平行的通過焦點，通過鏡心的不偏折”的光線的學生，也不見得是真正瞭解折射或光線的意思，可能只是把這二條線當作是作圖求解像的位置和大小的輔助線罷了。

最常見的透鏡是放大鏡(凸透鏡)，透過放大鏡看遠處的景物，可以看到倒過來且變小的景象，從以下兩個例子，他們沒有用光線折射的道理來解釋成像，而是賦予光線和透鏡具有特殊的功能：

就是因為光的折合地方，這樣子折出去，又顛倒過來，這樣子影像就會倒過來。(國三, CCHIN001)

因為透鏡有磨過，所以會有特殊的功能，可以把影像放大、縮小或顛倒。(國三, CCHIN001)

(三) 教科書是加強迷思概念或改變迷思概念？

許多教科書及教師都是用畫二條關鍵光線的方法來教成影與成像的問題，只要畫出二條關鍵的線，就可以決定影或像的位置及大小，甚至可據此判斷是實像還是虛像。很多研究^{5, 11, 12, 13}都顯示學生並不是真正理解這二條線所代表的意義，而且這種只畫二條關鍵光線的作法，往往還加深了影像發射的迷思概念，因此，教師在教學時應不厭其煩的多畫幾條光線，讓學生能真正體會到光線和影像之間的關係^{2, 3, 13}。

統編版時代的國三理化課本¹以“光前進時，若遇到障礙物，無法透過，則在物體的背後形成陰影”，這段文字敘述看似沒錯，但和學生的「影像發射發射」卻不謀而合，其圖示(圖 2.1)也對「影像發射發射」有加強的效果。除此之外，透鏡成像的圖也常出現類似圖 2.2 及 2.3 的畫法，在二條光線間塗上顏色，不僅無法讓學生體會光線的意義，更容易使學生解讀為這是物體發射出來的影像，以及凸(凹)透鏡具有會聚(發散)「影像」，而不是會聚(發散)「光線」的功能。現行的教科書已少見此類似畫法，但仍可在網路上或其它書籍見到類似圖 2.1~2.3 的畫法。

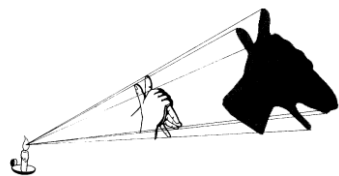


圖 2.1 光前進時，若遇到障礙物，無法透過，則在物體的背後形成陰影。(國中理化課本解釋成影現象的文字描述)

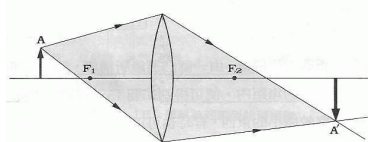


圖 2.2 凸透鏡成像示意圖(國中理化課本)

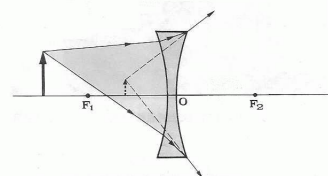


圖 2.3 凹透鏡成像示意圖(國中理化課本)

¹ 現在因為教科書已開放由民間編輯，版本很多，無法一一敘述，僅以 82 年出版的國民中學理化教科書第三冊為例來說明，圖 2.1~2.3 均出自於此書。

三、中國古籍中影與像的迷思

(一) 《墨經》光學八條

《墨經》²的光學八條比古希臘歐幾里德的《光學》早一個世紀，它在科學史上具有重要的地位。這八條經文談及成影、本影與半影、針孔成像、日光的反射、竿影的變化、平面鏡成像、凹凸面鏡成像等現象，儘管墨經的文字極端簡約，但經過許多學者的努力，不僅對這八條的文字做了嚴謹的校釋，還根據現代幾何光學的原理來闡發它的內容。值得注意的是，光學八條中不管是「影」還是「像」，都是用「景」這個字來表示，這種「影」與「像」不分的情況，並不是《墨經》所獨有的，許多古籍都有同樣的情況。

(二) 陽燧取火

用陽燧（凹面鏡）或透鏡可以對日取火。西漢的劉安在《淮南萬畢術》中提到用冰製成凸透鏡來取火：「削冰令圓，舉以向日，以艾承其影，則火生。」；晉代崔豹寫道：「陽燧，以銅為之，照物則影側，向日則火生」。前者是說陽光經凸透鏡折射聚集在焦點上時，可以將艾草點燃，因此，這不是太陽的「影」；後者的「影」則應是物體的光線經由反射在凹面鏡所成的像。

(三) 鑒影

二個平行的平面鏡可以產生無窮多的像。唐朝陸德明在《經典釋文》：「鑒以鑒影，而鑒亦有影，兩鑒相鑒，其影無窮。」；五代南唐的譚峭在《化書·形影》：「以一鏡照形，以餘照影。鏡鏡相影，影影相傳。」除了這二段文字外，我們很容易可以找到許許多多的例子都是用「影」這個字來代表面鏡所成的像，一直到現今，日常生活上還是習慣稱鏡中或水面上的像為「影」，例如引鏡窺影、湖中倒影等。

(四) 倒影

經由針孔、凹凸面鏡及透鏡所產生的像，常常都是上下顛倒的，中國古籍中有很多的記載及討論。最有名的就是他們把「塔倒影」的現象（針孔成像）和「陽燧照物皆倒」（凹面鏡成像）所產生的倒像放在一起來討論，還提出理論來解釋。

北宋的沈括在《夢溪筆談》中寫道：

陽燧照物皆倒，中間有礙故也。算家謂之格術。如人搖櫓，梟為之礙故也。若鳶飛於空，其影隨鳶而移，或中間為窗隙所束，則影遂與鳶相違，鳶東則影西，鳶西則影東。又如窗隙中樓塔之影，中間為窗所束，亦皆倒垂，與陽燧一也。陽燧面窪，以一指迫而照之則正，見遠則無所見，過此遂倒。其無所見處，正如窗隙櫓梟、腰鼓礙之，本末相格，遂成搖櫓之勢：故舉手而影愈下，下手而影愈上，此其可見。（沈括，《夢溪筆談》卷三辯證一，西元 1086 年）

以幾何光學的觀點來看，「若鳶飛於空，其影隨鳶而移」的「影」和後面所說的「手影」指的是鳶或手擋住了陽光而在地面上所產生的影子，但「或中間為窗隙所束，則影遂與鳶相違」和「窗隙中樓塔之影」的「影」指的應該是針孔成像。陽燧照物是凹面鏡成像，「迫而照之則正」是正立的虛像；「見遠則無所見」是因為物體在焦點上時，成像在無窮遠處；「過此遂倒」則是倒立的實像。沈括對陽燧照物的現象描述是相當正確的，但在整段文字中，他並沒有把「影」和「像」分辨開來，也沒有指出針孔成像的「小孔」和凹面鏡成像的「焦點」的不同。他用「中間有礙」的理論來解釋倒影及倒像，把「小孔」和「焦點」都當成是「礙」，影像過此就會倒，這和幾何光學是不符的。

圖 3.1 和 3.2 是一些科學史的書³上所附的圖，應該是後世解釋者所繪。筆者認為，圖中所畫的二條線都有將影像帶過去或投射的意涵。這樣的示意圖，並非幾何光學的成像道理，反倒是符合「影像發射概念」的想法。

²《墨經》成書的年代大約在公元前四百年左右，可以算是中國最早的科學著作。全經內容豐富，涉及面十分廣闊。就數量而言，邏輯學佔第一位，其次就是自然科學有四十多條，其中專論光學的有八條。

³劉昭民編著《中華物理學史》、朱恆足編著《物理五千年》、林鳳生編著《看的見中的看不見—光學的故事》



圖 3.1《墨經》中「針孔成像」條文示意圖 圖 3.2《夢溪筆談》中「鴛影」示意圖

清乾隆時期虞兆滢也對「塔影」的現象作了深入的研究。他不僅仔細觀察寺中牆壁上塔的倒影及在陽光照射下地上的塔影，還回家進一步做了實驗。他不同意「中間有礙」的理論，認為「陽燧影」和牆壁上的塔影都是「轉照」而來的：

余自塔影後歸家坐！定思之。有以摸宵之夜間，取燈火置長桌上，燈南二三尺許桌上有一小兒所弄小木塔，長可六七吋，塔南二尺許桌上樹一小板屏，屏北不及尺許，桌上橫一大木板，盡障南首燈光，板中微開一竇長二三寸，正與塔影相激射，然後從旁視之，則燈南桌上燈光，已從竇中吸入照於紙屏之上，而木塔之影亦宛然倒於屏上矣！蓋此倒塔之影乃即桌上塔影轉照入屏者也。……

余家蓄一陽燧，以之照物，迫近則正，稍遠則閃爍無定，在遠之則皆倒矣！但所照甚為模糊，不若近照之明顯，細思其故，非中間有礙也。蓋陽燧面窪，凡遇諸物，悉從四邊先照入內，故中間所照之影，非照外物而得，乃轉照四邊所照之物影也，上邊所照，則中間轉在下，下邊所照，則中間轉在上，左右轉照亦然，唯不竟照外物，只照四邊所照物影，故光甚模糊，亦猶室中壁上塔影，不竟照塔，只照地上之塔影耳。（虞兆滢，《天香樓偶得》，1704 年）

清末鄭光祖在《一斑錄》中描述折射的現象，並提到許多「倒影」的現象：

舟上撐篙，篙入水如曲。漁人獵魚鼈，照所見，不獲也，須求之於下乃獲。碗中置一錢於底，遙望不克見，注水於碗，另其滿，則錢影浮於水面。

光有所遮而成影，光過小穴入暗室，照於地，照於壁，其光中帶過之影皆倒，不知者漫以為奇。余嘗見屋漏日光在地如錢，光中有雲影推過，皆向西北，知天上之雲實向東南。舟中簾棚遮照隙縫漏入之光帶進棚外，各影皆倒。在天日食，仰視耀目，可將厚紙刺一穴照於日，另以一紙在穴下承其影視之，則日食分秒畢見，而影亦倒。銅鏡面凸者，物被照入，影收而小。面凹者，切近照之，影正而加大；遠照之，影亦倒。（鄭光祖，《一斑錄》卷三物理篇，1843 年）

在這段文字裡，作者和前一一樣，把「光有所遮而成影」、折射成像（碗中錢影）、針孔成像（日食日影）和凹凸面鏡成像的像都通稱為「影」，但這其中只有第一個是「影」，其餘都是「像」。

（五）小罅光景

宋末元初趙友欽作了一個非常大型的光學實驗，記錄在他的《革象新書》一書中，他把這個實驗稱為「小罅光景」。他很有系統的做了變因的控制，分別改變光源（日月、千燭）、物距、像距來進行實驗，還進一步改變孔的大小和形狀，比較小景（小孔成像）和大景（大孔成像）的差別，他的結論是：「是故小景隨光之形，大景隨空之像，斷乎無可疑者。」這裡的「景」是指針孔成像的「像」。他在解釋像的照度時，認為「景狹則色當濃」、「愈廣愈淡，亦如水多則味減也」，但當物距加大時，成像變小且照度小，和「景狹則色當濃」並不符合，他只好再說「燭遠則光必薄，是難以加濃也」。這樣的觀點和幾何光學的照度隨距離的平方反比而改變的意思是不太一樣的。

（六）《遠鏡說》

西元 1609 年伽利略將他所製的天文望遠鏡對向天空，觀看月亮與星辰。西元 1626 年，望遠鏡的實物傳入中國，是年，德國傳教士湯若望與我國欽天監官員李祖白合著《遠鏡說》一卷。這本書據稱是參考 1618 年 Girolamo Sirtori 所著《Telescopium》而寫的。《遠鏡說》介紹望遠鏡的製法：

用玻璃製一似乎非平之圓鏡，曰篙口鏡，即前所謂中高鏡（凸透鏡），所謂前鏡也（即物鏡）。製一窪鏡，曰靠眼鏡，即前所謂中窪鏡（凹透鏡），所謂後鏡也（即目鏡）。須察二鏡之力若何相合，若何長短，若何比例，若何苟既，知其力矣，知其合矣，長短宜而比例審矣，方能具一物象雖遠而小者，形形色色不失本來也。

書中對於眼鏡說明如下：

若用遠鏡之中高鏡（凸透鏡），則物象一點之小，散射鏡面，從鏡平行入目鏡，巧合其習性，視近不勞而自明也。...用遠鏡之中窪鏡（凹透鏡），則物象從鏡角形入目，乃合其習性視物自明矣。

該書作者認為透鏡會改變「物象」的大小，讓近視者或遠視者得以看清楚，作者並在書上附了光路圖（圖 4.1 和 4.2），這二個圖上所畫的線並不符合幾何光學的意思。作者進一步解釋「折射」與「反射」的意思，還提出一個「易象」的作用：

是鏡之妙，妙乎能易物象也。何謂易象？蓋凡物之有形者，必發越本象於空明中以射人目，若象目交接之間無所阻礙，則象從徑線直射入目矣！苟如為他物形所間，則本象或斜透其照而易者有之，或反映其照而易者有之，乃是鏡易象之妙乎？有斜透而無反映，此其所以利用也。

蓋象與目交而物所間，蓋有二焉。一曰不通光之體，不通光之體可借喻鏡面，夫鏡有突如球，平如案窪，如釜之類，其面皆能受物象，而其體之不通徹，皆不能不反映物象，反映之象自不能如本象之光明也。所謂反映者，此也。通光之體又分二體，一謂物象遇大光明易通徹者，比發象元處更光明，而形似廣而散焉。一謂物象遇次光明難通徹者，比發象元處少昏暗，而形似斂而聚焉。

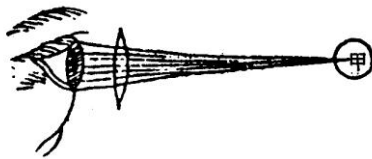


圖 4.1 《遠鏡說》近物之象散射鏡面，平行入目。

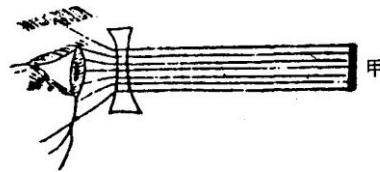


圖 4.2 《遠鏡說》遠物之象三角形入目，平行射鏡面。

從「蓋凡物之有形者，必發越本象於空明中以射人目」和「發象元」等，可推測作者的想法是：物體本身會發射出影像，如果中間沒有東西阻擋，就直接射入人眼產生視覺；如果物體和人眼之間有透鏡或面鏡擋住，則由「斜透」或「反映」產生「易象」的作用；面鏡（不通光之體）的功用是接受「物象」然後把「物象」「反映」到人眼；透鏡（通光之體）有二種，一種會「廣散物象」，一種會「斂聚物象」。由此可以判斷，這裡的「斜透」「反映」和幾何光學裡光線的「折射」「反射」的意思是不同的。

四、結論與討論

光線及其相關現象雖然在生活中隨處可見，但是要從觀察日常生活中的各種現象進而發展出光線的直進、反射和折射等理論來解釋成影成像，卻不是一件容易的事。

墨子做了很多實驗，沈括提出「中間有礙」的理論來解釋倒影（像），趙友欽在「小罇光景」中作了各種變因的控制，他們都是中國古代偉大的科學家，但他們的觀察記錄都是定性的結果而不是定量的關係，沒有提出和光線有關的理論。

我們現在所採用的幾何光學，大致是依循刻卜勒（Kepler, 1571~1630）的觀點，他在十七世紀初（約中國明朝末年）從視覺的成像概念出發，突破性的解出了長久困擾人們的平面鏡和透鏡的成像問題。在幾何光學的課程中，通常是以光的直線前進來說明成

影和針孔成像，以光的反射來解釋面鏡成像（平面鏡、凹面鏡及凸面鏡），以光的折射來解釋透鏡成像。這些幾何光學的道理，其實是相當抽象的概念，不容易從實驗現象中觀察歸納而得，尤其成像問題中的各種像還有正立或倒立、放大或縮小、鏡前或鏡後、實像或虛像等等的分別，更讓光學的理论難以浮現。其實，從屏幕上看到「影」和「像」最大的區別在於：「像」是有光線射到的地方，因此「像」看來是有顏色的，而「影」是光沒有射到的地方，所以看起來是黑的（無光，無色）。這些古籍的作者對現象的描述都相當仔細，但在文字上及光學概念上卻沒有把「影」和「像」區分開來，原因可能在於他們持有「影像發射概念」的觀點，特別關注影像會「倒」的怪異，以及長久以來生活用語及各種作品的文字也都沒有區分「影」和「像」，因此他們注意到的是影與像在「形」上的相同，而沒有分辨其在「色」上的相異。

從現代的幾何光學來看，「陽燧影」會倒立，是因為光線經由凹面鏡反射後所成的像；而「窗隙寫影」和「塔倒影」，則是因光線直線前進的特性，這是「針孔成像」的原理。趙友欽的《革象新書》對於針孔成像有詳細的記載，卻沒有和「塔倒影」聯想在一起，也未提及這和「陽燧影」是不同的光學道理。沈括用「礙」，虞兆澂用「轉照」，都是觀察探究「倒立」現象，他們並沒有注意到一個是黑的（影），一個是有色的（像），更沒有提出兩者分別是受到光線的反射與光線直線前進的特性影響所致。

沈括可能是最早將各種「影」和「像」放在一起討論的學者，由於觀察記載的重點集中在「倒立」的現象，幾百年後的趙友欽、虞兆澂和鄭光祖等仍然依循沈括的概念架構，沒有提出它們有的是黑的（影），有的是有色的（像），更沒有人把「塔影」和「小罅光景」放在一起來討論。這些學者可能都讀過沈括的《夢溪筆談》，他們仍然承襲書中的架構及概念來討論。他們為什麼沒有懷疑沈括的討論方式是不對的？他們為什麼建構不出幾何光學的理论？

《遠鏡說》這本書的寫作，正值西方光學知識輸入中國之際。以幾何光學的觀點來看，書中有很多明顯的「錯誤」概念，我們可以將此書的寫作看成是一個教與學的過程。這些「錯誤」概念可能來自於 1618 年 Sirtori 拉丁文原著、或是原著正確而傳教士湯若望曲解了其意、或是傳教士的概念是正確的，而中國官員李祖白把它曲解了。不管是哪一種，這個教學的結果顯然是失敗的，書中是用「影像發射概念」來解釋望遠鏡的原理。不管學習者的角色是原著作者 Sirtori、湯若望或李祖白，他們都不可能不聰明不認真，但是為什麼會曲解幾何光學的原意呢？從這裡我們可以看到，要打破根深蒂固的影像概念，實在不是一件容易的事！從研究學生概念發現，他們同樣也是影和像不分，通通稱之為「影像」，都是以「影像發射概念」為基礎來解釋現象；實驗時，也是停留在現象的觀察和記錄，看不出光線和影（像）大小的關係。他們在學習幾何光學之後，同樣的繼續持有教學前的「錯誤概念」，甚至產生更多新的「錯誤概念」。這樣的學習過程和結果是一個很有意思的研究主題，值得深入去探討，它牽涉到學習者的認知成長、原有的概念架構、學習理论和教學法的問題。

每個人在很小的時候，在對光的本質還沒有認識之前，就已經很自然的建立起「影像發射概念」來解釋成影和成像的現象，但幾何光學的光線理论卻不是容易從日常生活的現象中自然發展來的，先聖先哲們雖然那麼有智慧，也很難自行發展出這樣的理论體系。「影像發射概念」的根深蒂固主要來自於：（1）日常生活的現象和用語都是影與像不分。在我們日常生活中的許多現象，例如在陽光下看到影子、照鏡子、使用放大鏡、攝影等，都和影像發射概念相符合。因此，學生很少能在日常生活中體會到此概念的不適用；（2）教師對「影像發射概念」的特性沒有深刻的瞭解。因此在課堂上所說的話和畫的圖，其實在無意中都還是和學生的迷思概念相符合，因此，學生很少因為學習過中小學的幾何光學課程而放棄影像發射概念；（3）教科書的「加強」。我們的教科書應該扮演改變學生迷思概念的角色，但是卻往往在不經意間反而更加強學生的迷思概念。

改變迷思概念的教學不是一件容易的事。教師及教科書要對此問題有充分的認識，在教學時，多畫幾條光線、強調光在成影和成像時所扮演的角色，並設計異於日常生活

現象的實驗情境，製造認知衝突，才有可能打破學生的「影像發射概念」。

從概念研究的觀點來看，古人的「錯誤」想法，比正確想法還來得珍貴。這些中國古籍的作者，並不是因為不聰明而有這麼多的「錯誤概念」，這和當時整個光學的知識理論及背景有關。本文中，我們「以今釋古」，從研究的學生迷思概念所得到的瞭解，進而解讀科學史上的概念，同樣的，我們也可以「以古觀今」，從科學史上迷思概念的瞭解及其轉變的情形，來預測學生可能的迷思概念及找出轉變學生概念的方法，這二個方向的研究是相輔相成的。因此，科學史的研究者不應把那些我們現在看起來是錯的觀念及敘述予以捨棄，或是以現在學科概念的觀點為它賦予過多的意義。我們不能因為古人有「迷思概念」而減少對他們的尊敬，反而更應感謝他們留下這些珍貴的資產。

主要參考文獻

1. 王錦光、洪震寰 (1988)：中國光學史，凡異出版社。
2. 邱韻如 (1998)：成影概念的成長與學習。國立台灣師範大學物理研究所博士論文。
3. 邱韻如 (2005)：認知衝突策略在學習環教學模式中的展現－以成影概念教學活動的設計與實施為例，發表於當前教育實務問題與研究趨勢學術研討會，中原大學主辦。
4. 陳均伊、張惠博、郭重吉 (2004)：光反射與折射的另有概念診斷工具之發展與研究。科學教育學刊，12 (3)，311-340 頁。
5. 陳忠志 (1988)：大一學生物理學錯誤概念之研究 (光學部份)，國科會研究計畫 (NSC77-0111-S-017-005-D)。
6. 湯若望 (1626)：遠鏡說，四庫全書子部天文奇器類。
7. 黃湘武、黃寶鈿 (1989)：學生對投影及光性質之概念研究，第五屆科學教育學術研討會。
8. 劉昭民編著 (1987)：中國物理學史，台灣商務印書館。
9. Feher, E. & Rice, K. (1988). Shadows and Anti-images: Children's Conceptions of Light and Vision (II), *Science Education*, 72 (5) :637-649.
10. Feher, E. & Rice, K. (1992). Children's Conceptions of Color, *J. of Research in Science Teaching*, 29 (5) , 505-520.
11. Fetherstonhaugh, T. & Treagust, D.F. (1992). Students' understanding of light and its properties: teaching to engender conceptual change, *Science Education*, 76(6), 653-672.
12. Goldberg, F. & McDermott, L.C. (1987). An Investigation of Student understanding of the Real Image Formed by a Converging Lens or Concave Mirror. *The American Journal of Physics*, 55 (2) , 108-119.
13. Grayson, D.J. (1995). Many rays are better than two, *The Physics Teacher*, 33 (1) , 42-44.
14. Guesne, E. (1985). Light. In R. Drever, E. Guesne, & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science (pp.10-32)*. Philadelphia, PA: Open University Press.
15. Huang, H.W. & Hwang, B.T. (黃湘武、黃寶鈿) (1992). Students' Conceptual Developments on Shadow Formation and Their Relations to Formal and Concrete Operation Stages, *Proc. Natl. Sci. Counc. Prob. China, Part D Math. sci. Technol. educ.* 2 (1) , 27-38
16. Sirtori, G. (1618). *Telescopium*. Frankfurt: 1618.

收件日期：2011 年 1 月 8 日

定稿日期：2011 年 10 月 8 日

Exploring the Conception of Shadow and Image in Some Chinese Ancient Books through the Misconception Research Approach

Yun-Ju Chiu

(Chang Gung University, Member of CAHS)

Abstract The phenomena of shadow and image are familiar in our daily life. But, the related geometrical optics conceptions are not easy to understand. Most of the students think that an object can emanate its image or shadow and then project it onto the screen, so as the ancient Chinese scholars. The study explores the conception of shadow and image in some Chinese ancient books by adopting the misconception research approach. This study approach about exploring the similarity of misconceptions between students and ancient scholars can enlighten us a significant viewpoint in understanding Chinese ancient books and teaching geometrical optics.

Key words misconception, geometrical optics, image, science history