



專欄

國立臺灣師範大學

物理系地球科學組

月球地形學

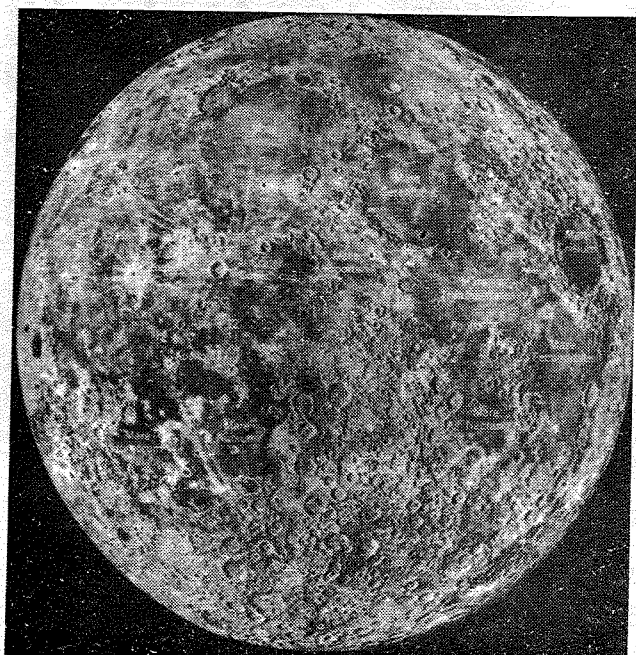
胡忠恒

人類對於月亮頗俱好感，所以自古以來對於月亮多有令人嚮往的描述，如玉兔東升、月移花影、花前月下、熱情像太陽，溫柔像月亮……等，不一而足。這且不提，對月亮尚有訴諸行動者，如嫦娥奔月；唐明皇遊月宮回來後，又仿月宮盛會的歌舞，還做了一首音樂；又有吳剛亂伐月中桂……等。但當美國太空人於 1969 年 7 月 20 日及 1969 年 11 月 19 日登陸月球並携回許多地質資料之後，證實了那許多都是幻想，月亮實在沒有那麼藝術。這種情形好像真實壓倒了美觀，科學壓倒了藝術。於是人類——尤其是中國人——也懶得對月亮再做任何遐想，再沒聽說有任何詩情畫意的詩句發表出來，減少了許多浪漫氣氛。雖然「假如我是一個月亮，我願高高掛在天上」的文句尚在流行，但大家都知道「我不是一個月亮，我也不願高高掛在天上」！

假如在一個農曆十五日的夜晚——最好是八月十五中秋月，我們用肉眼觀察月亮時，我們會發現月球的表面好像覆蓋了一層一塊塊的白雲及烏雲，模糊看不清，有些地方很暗，有些地方比較亮。實際上這些亮或暗的地方，都是表現月球表面的凹凸不平的現象而已。一般凹下的地區，例如山谷、窪地為暗，而凸出的地區，例如高山峻嶺為亮。這完全由於月球表面對光的反射強弱關係而造成。假如用天體望遠鏡觀察時，我們會

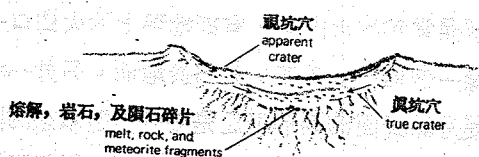
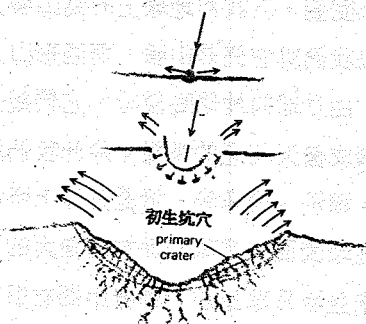
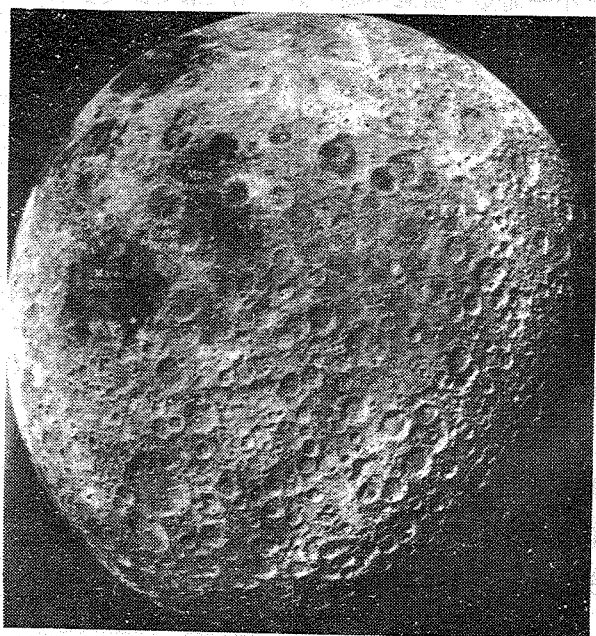
發見白雲的區域也有黑的地方，而烏雲區域也有白的地方，並且各區域中有些大大小小的圓圈，這些圓圈也許是各各獨立的存在，也許有些大圈內有小圈及圈套圈的情形，這就是所謂的「圓形山丘（Craters）」。這種圓形山丘就好像一塘泥漿被一陣暴雨打過似的，充滿了小泥坑，也好像煮熟了的粥鍋，在冒氣泡。這就是月球表面的地形，千瘡百孔，滿目荒涼，好像出了天花的面孔，非常單調，是一個一無令人遐想的地方（第一圖、第二圖）。

月球的表面顯然與我們的地形不同。當然地球表面也有高山峻嶺、低地、平原，也有如月亮上的小圈圈，但我們地球上的高山多是成條狀的，所以我們叫它們是山脈，而圓形山丘的分佈也極少，由月球向地球回望時，它們幾乎看不見，不能構成像天花斑的模樣。除此我們的地球尚有河川、湖泊、海洋等，這是月球上所沒有的。為什麼地球表面與月球表面有這樣大的不同呢？在人類未登陸月球以前，學者中間有很多猜測。第一種猜測是月球上原來有很多火山，這些圓形的山丘就是當年的火山口，有如地球上的火山口一樣，像一個皿狀的東西，高出於地面。另外一種猜測是月球表面的圓形山丘是被外太空飛來的隕石打擊而成。這兩種學說各有利弊，也引起了很多的爭論，但自從太空人登陸月球之後，「隕石



◀第一圖：月球的正面觀（即月球面向地球的一面），注意觀察月球的左側及上半球的黑色部份為靜海及大小圓形山丘的谷地，右下方為小圓形山丘群，比較亮。左側赤道上部的最亮點為哥白尼高地。（NASA 原圖）

第二圖：月球的背面觀（即月球背向地球的一面），月球的背面比正面的圓形山丘更多，更為複雜。（NASA 原圖）



◀第三圖：隕石撞擊月球表面的示意圖。隕石撞擊月球表面後可引起被擊中的光層及隕石本身的爆炸，成為灰塵狀騰起。又因為撞擊同時可以發生高熱，使岩石熔解，變為玻璃型的結晶及岩石發生變型作用。（威啓勛原圖，1975）

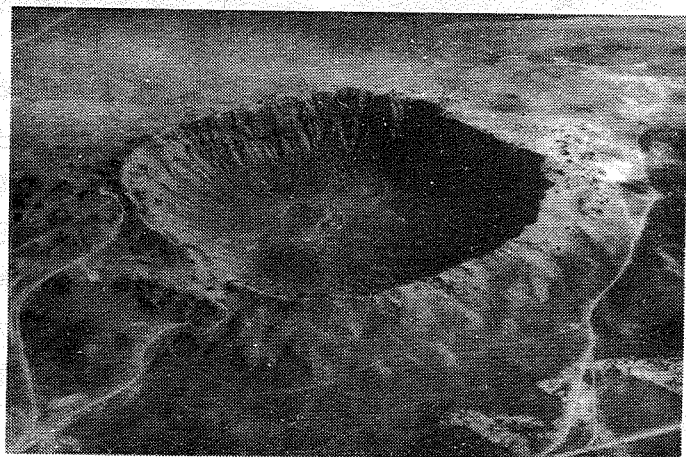
說」的一派好像是佔了優勢——就是月球上的圓孔丘乃是由隕石打擊而成的（第三圖）。

月球在最初生成的時候，是一種高熱的岩漿狀態，這種情形與我們想像的地球初生期類似。高熱的岩漿隨時間的前進，也慢慢的凝固冷卻，岩漿內含有比重較大的成份開始向中心集中，而比重較輕的物質則向表層漸出，所以外表形成一層薄薄的皮層，這時候的月球如被外太空飛來的隕石所擊中時，月球表面的薄層就被破裂，造成一個圓形山丘。因為月亮的表皮層已經凝固，所以撞擊後所留下來的破壞情形，也可以保存下來。假如這種撞擊情形如發生在月球尚未凝固狀態時，則隕石將被液體狀態的岩漿所熔解，而消失化為無有。又月球表面在岩漿凝固初期為一層薄薄的皮層，所以撞擊到月球上的隕石，也會穿透表皮層，而射入月球內部，留下一個空洞，使月球內部的岩漿重新流出地表，或充滿圓形丘內。這種情形也得到了證明，確實有的。據太空人用重力儀測量月球的重力公佈結果，發見圓形山丘底部的重力與圓形山丘週圍不同，有重力異常現象。基底的岩石為含鐵分多的玄武岩型，而邊緣部為含鐵分少的富長石質的岩石。

地球表面是否也有隕石撞擊的圓形山丘，答案是肯定的——有。因為宇宙間的現象是一致的

，機會均等，沒有厚此薄彼的情形。我們在美國的亞里桑那州、內華達州、喬治亞州、堪他基州；澳洲的西部；西伯利亞等地都發見有由隕石形成的圓形山丘（第四圖）。它們的形狀與月球上所有者一致，只不過數量很少，規模較小，圓形山丘的底部也沒有玄武岩質的基底而已。對於這種情形的可能解釋，是因為地球表面有風、雨、水的侵蝕與桑田蒼海的變化，使過去隕石撞擊的地形，都消失無有了，而目前所能看到的隕石圓形山丘，可能是最近的產物而已。更因為是最近的產物，地球已經有一個很厚的外皮層，所以地下的岩漿也不會再噴出地表形成丘底的玄武岩層。再者月球上隕石山丘之所以遍佈的原因，大概是在月球剛剛開始凝結時，含鐵的岩漿尚未完全分化，所以磁性很大，容易吸收太空中的隕石，將月球週圍的大小灰塵狀隕石吸來月球，造成所謂「流星雨」的時代，所以圓形山丘特別多。後來岩漿漸漸的充份分化，鐵份沉入月球中心，使表面磁性減少，而隕石的量也隨之稀少了。

月球上是否也有斷層及褶皺等現象？根據月球上的照片判斷（第五圖），也是肯定的——有。因為月球被隕石撞擊之後，它的表皮層在發生圓形山丘的同時，也發生互相排擠的現象，結果必定有斷層及褶皺的發生。但在照片上只能斷定

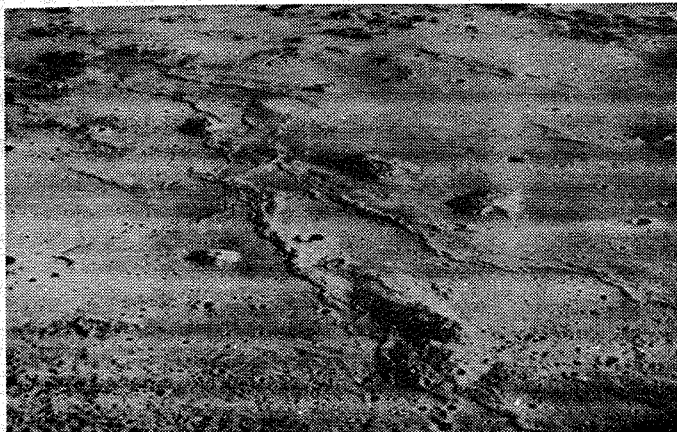


◀ 第四圖：美國中部亞里桑那州的隕石撞擊圓坑。坑的直徑 3950 英尺，深 570 英尺，邊緣高出地面 130～160 英尺。在其周圍並發見隕石的小碎片。（Thor-nbury 原圖，1967）

有斷層的遺跡，但褶皺尚需進一步的研究。

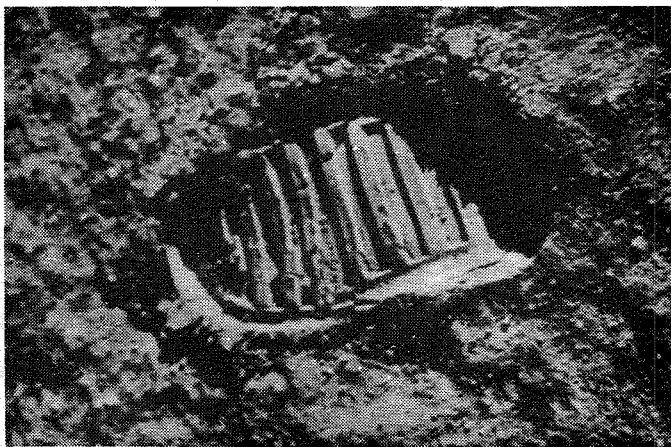
月球上的圓形山丘大小高低也不一定，最大者直徑有 250 公里，最高有 8330 公尺，小者僅數公尺而已。圓丘的直徑與高度之比常是五與一之比。根據太空人攜回來的岩石推算結果，月球的年齡大約為 46 億年，圓形丘的形成時代，大約在 37 億年前。這時候與月球的半凝固時期相吻合

。月球的表面覆蓋有一層細軟的表土層及礫石等。這在太空人登陸月球遺留下來的腳印及小太空車輪胎的印痕照片，可以得到證明的（第六圖）。表土層之下為由隕石造成的岩石破碎帶，厚約 2 公里，主由帶稜角的礫石構成。再下面是玄武岩質岩石、富長石質的岩石，及鐵鎂礦物質的東西。整個月球的半徑為 1738 公里。



◀第五圖：月球表面被隕石撞擊而發生的皮層排擠痕跡；注意觀察由左上方至右下方的對角線裂痕及附近的圓形山丘及圓坑。（NASA 原圖）

第六圖：太空人登陸月球後遺留下來的足跡，注意觀察腳印的深度。（NASA 原圖）



一般相信地球與月球是同一起源的二個個體，有一種兄弟的關係，月亮之所以成為地球衛星的原因，可能是在一個偶然的機會下，月球被地球吸引不放所致。老的學說認為月球是地球的一部份。地球尚在未完全凝固時期，由於地球自轉的遠心作用，將太平洋部份拋向外太空而成為月亮。它們中間有一種母子關係，這種學說現在不太被人所接受了。

我國土地廣大，也應該有隕石造成的圓形山

丘的存在，但至今尚無任何有關的報告，令人費解。此者可能由於我國人口衆多，歷史悠久，土地利用強烈，把隕石山丘都破壞掉了。另一種原因可能是我國科學落後的關係，尚未有學者注意到這樣的問題。不過不論如何，根據自然界的機會均等原理，我們絕對可以預期的，在中國廣大的國土上一定會有一天發見由隕石撞擊留下來的圓形山丘！