

文/ 陳文屏

說說月亮大小事

記人類登陸月球五十年



Apollo 11任務，登月小艇老鷹號上升，準備與指揮艙哥倫比亞號會合。

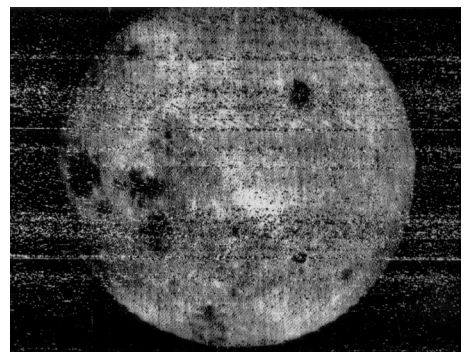


1969年7月20日，人類首次踏上月球表面，當時我在台南巷子裡玩棒球，偶爾探頭看到電視上太空人漫步的畫面，沒有意識到這是太空新紀元的開端，是文明重大事件。阿姆斯壯那句：「我這一小步，乃人類一躍步」（“That's one small step for [a] man, one giant leap for mankind”），五十年來響徹腦海。

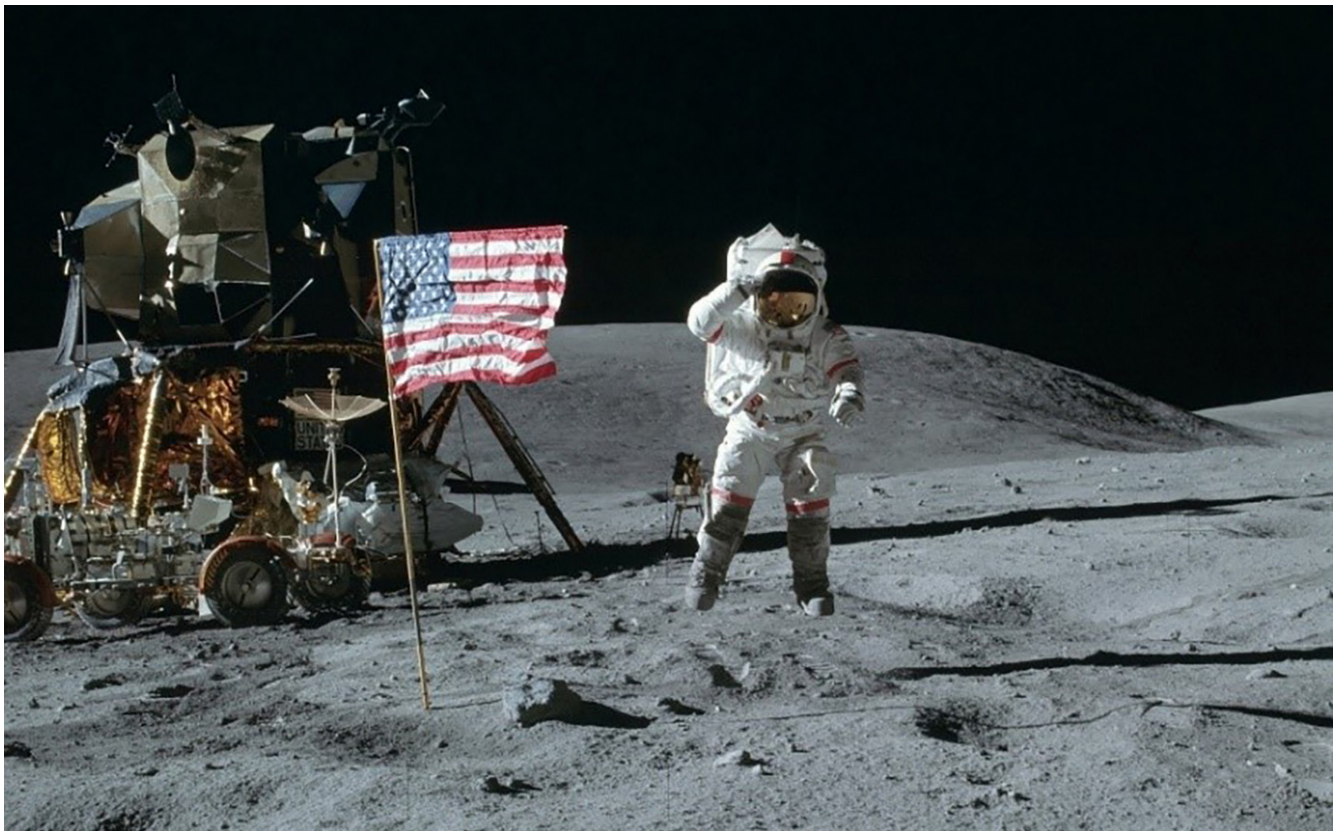
阿波羅探月任務

說是人類的成就，我們沾光了，其實這是美國人的躍步。當時美國與蘇聯冷戰，競爭從地面到太空。蘇聯於1957年10月4日率先發射人造衛星 Sputnik 1，繞行地球軌道長達三週。這人類第一個人造衛星大小不到60公分，卻激起了雙方的太空競賽。蘇聯接著在1959年9月12日發射 Luna 2，

於9月14日成功撞擊月面。再過一個月，Luna 3 飛掠月球，傳回首張月球背面的照片。1961年4月12日，蘇聯太空人 Yuri Gagarin 成為第一位上太空的人類。眼看美國節節敗退，甘迺迪於1960年11月接替艾森豪，當選美國總統，在1961年5月25日國會演說，宣稱將窮全國之力，在十年內讓人類踏上月球表面。



1959年蘇聯Luna 3 飛掠月球，傳回首張月球背面的照片



Apollo 11 任務

1965年3月18日蘇聯的 Alexei Leonov 仍然拔得頭籌，創紀錄首先進行太空漫步。但是美國阿波羅計畫成立後急起直追，1968年12月阿波羅8號載人繞月10圈後，降落 (splashdown) 在太平洋當中。終於阿波羅11號1969年7月16日13：32 UTC從美國佛羅里達以農神五號 (Saturn V) 火箭發射，於7月20日 20：17 UTC降落在月球表面。六小時候阿姆斯壯 (Neil Armstrong) 離開登月艙，在地球以外的天體踏下第一個人類腳印，又過了19分鐘 Buzz Aldrin 也加入月球漫步，在月球表面待了2個半小時，拍攝了相片、放置了一些科學儀器、跟尼克森總統通了電話，也插了美國國旗。之後除了阿波羅13號發生技術故障，直到最後阿波羅17號任務，都進行了漫步，甚至駕駛月球登陸車在月球表面行走，最後一位在月表行走的人是 Eugene Cernan。之後美國由 Skylab 系列任務接續探索月球。

月球的一些性質

月球距離地球平均38萬公里，跟地球的圓周約4萬公里相比，月球真是「近鄰」，以平常

噴射客機不到1千公里的時速，飛行需時至少兩星期。阿波羅8號花了大約3天的時間從地球到月球。阿波羅10號回程時速達4萬公里，創下金氏記錄載人太空船的飛行速度。

到目前為止，一共有12人踏上月球表面（都只去了一次）。可以說以人類目前的太空技術，去月球有如「走灶跤」。相比起來，火星跟地球最近的距離達5千5百萬公里，是月球距離150倍，以2018年前往火星的 InSight 任務舉例，前往火星花了半年。由於在飛航上無論距離或時間都困難許多，以致於到目前為止，登陸火星仍都是無人任務，但還沒有返回的技術，也因此還沒有載人任務。

李白詩云「今人不見古時月，今月曾經照古人，古人今人若流水，共看明月皆如此」，道出對於時、空、人的寄情，也見證了「自古以來我們看到相同一面月亮」的事實。想像手伸直握著咖啡杯，當我們原地轉一圈，咖啡杯（月球）保持以同一面對著我們（地球），但是對於旁邊不動的觀察者，咖啡杯於此同時也自轉了一圈。由於月球被地球

的引力鎖住，以致無法「自由自轉」，而永遠以同一面對著地球，當月球以大約27天繞地球公轉一圈，同時也自轉一圈。

月球向著地球的這一面以明亮區域居多，這些「高地」(highland) 地質上比較古老，滿布大、小不等的隕石坑。暗黑區域則稱為「月海」(mare；複數為 maria) 乃月球早年還有火山活動時，熔岩往低窪處流動而構成的盆地區域，因為玄武岩組成而呈現黑色，也因為地質上較年輕而較少隕石坑。

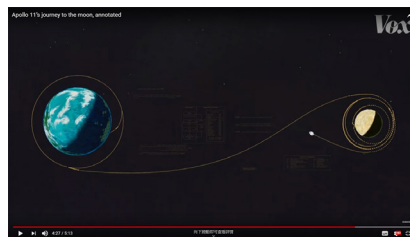
藉由太空船，我們現在能看到月球的背面。和正面相比，缺少月海，而以高地居多，隕石坑數量更多，由於這一面「朝外」，因此被地球吸引來的隕星體較多，撞擊也就頻繁得多。

月球的半徑約是地球1/4，平均密度為地球60%，質量只有地球1.2%，但是跟太陽系其他行星來說，月球算是大的衛星，也因此其引力對地球有明顯影響，尤其把海水拉成凸起狀，地球自轉一天當中便有了兩次潮起、潮落的現象。太陽雖然質量大得

YouTube 阿波羅探月任務 相關影片：



Apollo 8: Around The Moon and Back
<https://www.youtube.com/watch?v=Wfd0oC3eFWw&t=13s>

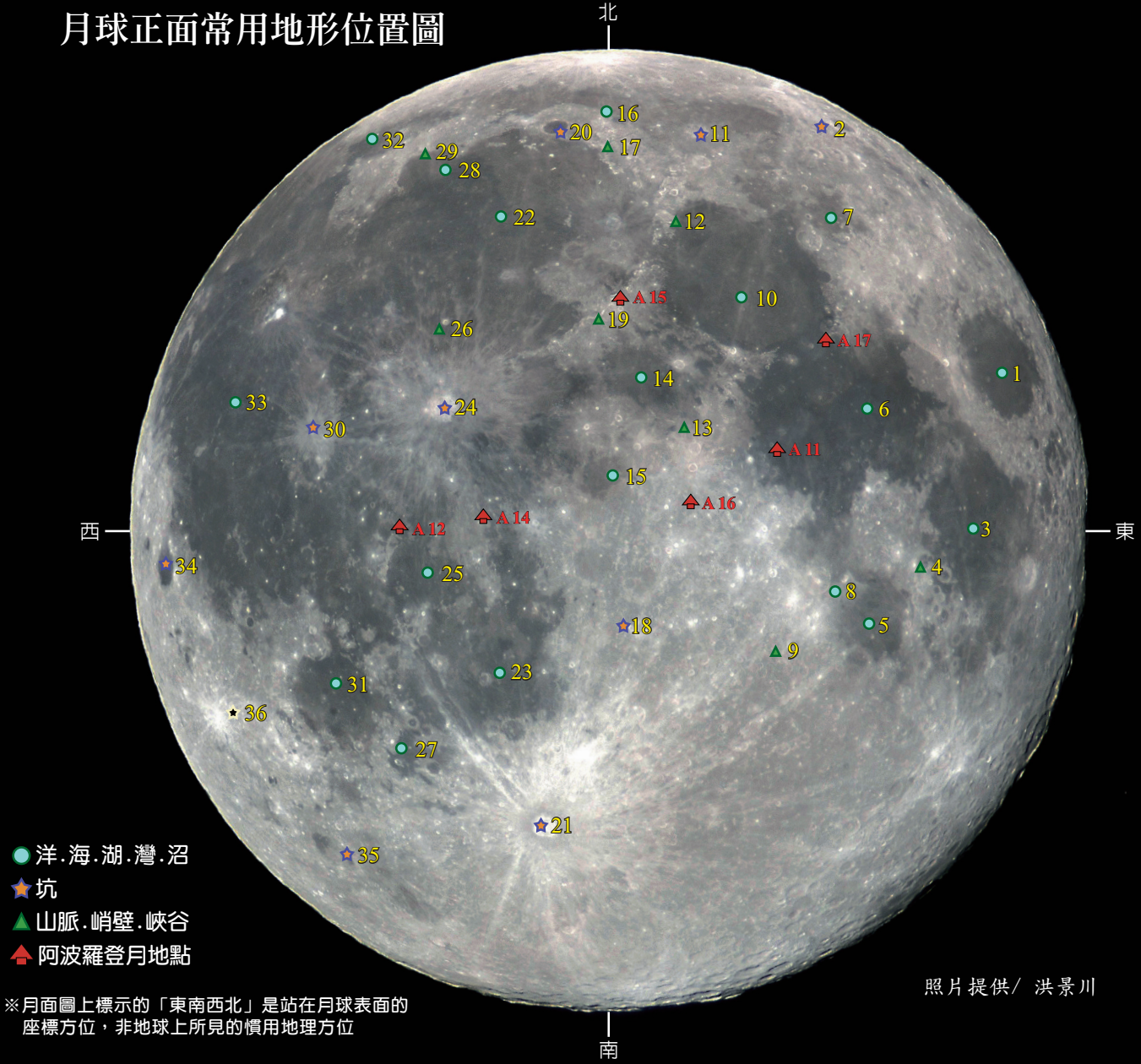


Apollo 11's journey to the moon, annotated
<https://www.youtube.com/watch?v=OCjhCL2iqIQ>



Restored Apollo 11 EVA
<https://www.youtube.com/watch?v=S9HdPi9Ikhk&t=6718s>

月球正面常用地形位置圖

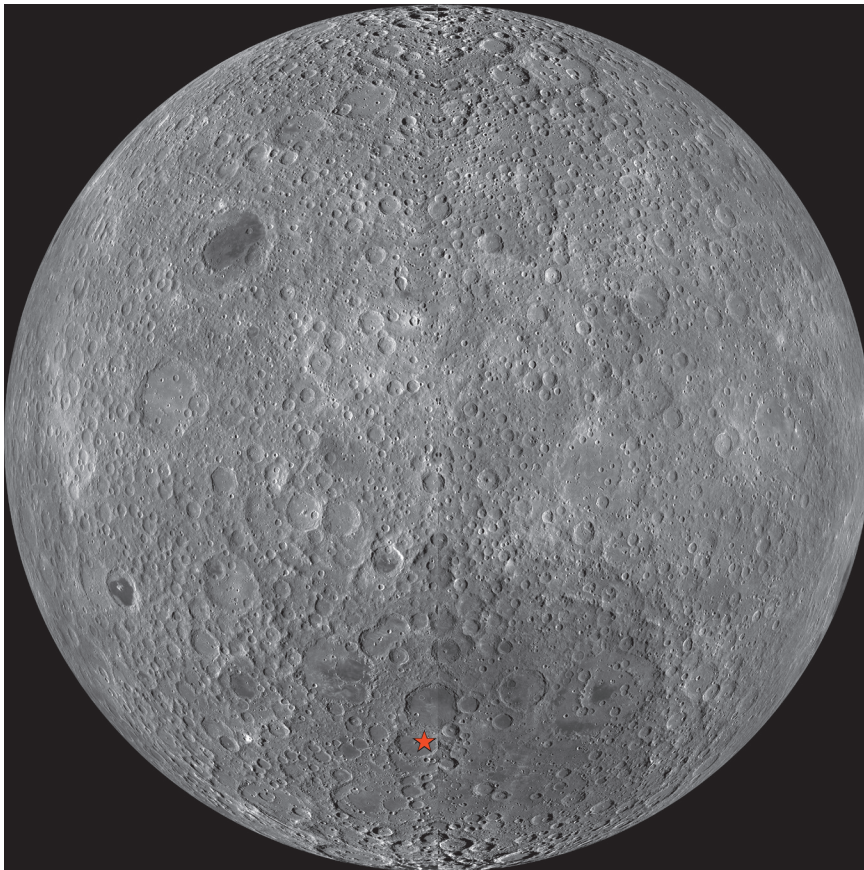


- 洋.海.湖.灣.沼
- ★ 坑
- ▲ 山脈.峭壁.峽谷
- ▲ 阿波羅登月地點

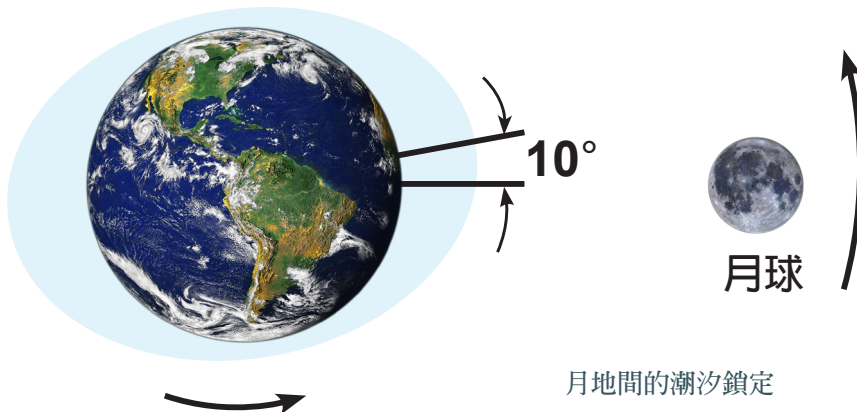
※月面圖上標示的「東南西北」是站在月球表面的座標方位，非地球上所見的慣用地理方位

照片提供/ 洪景川

	中文名稱	英文名稱		中文名稱	英文名稱		中文名稱	英文名稱
1	危(難)海	Mare Crisium	16	(寒)冷海	Mare Frigoris	32	露灣	Sinus Roris
2	恩狄米翁坑	Crater Endymion	17	阿爾卑斯山脈	Montes Alpes	33	風暴洋	Oceanus Procellarum
3	豐(饒)海	Mare Fecunditatis	18	托勒密坑	Crater Ptolemaeus	34	格里馬爾迪坑	Crater Grimaldi
4	庇里牛斯山脈	Montes Pyrenaeus	19	亞平寧山脈	Montes Apenninus	35	貝利坑	Crater Bailly
5	(神)酒海	Mare Nectaris	20	柏拉圖坑	Crater Plato	36	拉格朗日坑	Crater Lagrange
6	(寧)靜海	Mare Tranquillitatis	21	第谷坑	Crater Tycho			
7	(睡)夢湖	Lacus Somniorum	22	雨海	Mare Imbrium	A 11	阿波羅11號登月點	Apollo 11 landing site
8	粗灣	Sinus Asperitatis	23	雲海	Mare Nubium	A 12	阿波羅12號登月點	Apollo 12 landing site
9	阿爾泰峭壁	Rupes Altai	24	哥白尼坑	Crater Copernicus	A 14	阿波羅14號登月點	Apollo 14 landing site
10	澄海(晴朗海)	Mare Serenitatis	25	知海	Mare Cognitum	A 15	阿波羅15號登月點	Apollo 15 landing site
11	亞里斯多德坑	Crater Aristoteles	26	喀爾巴阡山脈	Montes Carpathus	A 16	阿波羅16號登月點	Apollo 16 landing site
12	高加索山脈	Montes Caucasus	27	疫沼	Palus Epidemiarum	A 17	阿波羅17號登月點	Apollo 17 landing site
13	海金努斯峽	Rima Hyginus	28	虹灣	Sinus Iridum			
14	汽海(霧海)	Mare Vaporum	29	侏羅山脈	Montes Jura			
15	中央灣	Sinus Medii	30	克卜勒坑	Crater Kepler			
			31	濕海	Mare Humorum			



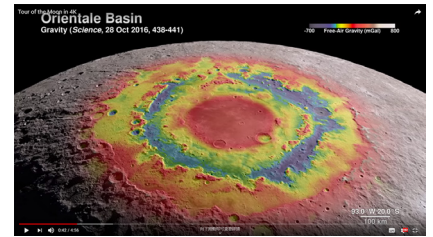
月球的背面圖及嫦娥四號登陸地點艾特肯盆地（South Pole-Aitken basin，SPA）內的馮·卡門隕石坑（Von Kármán）



多，但是因為距離地球遠，引潮的力量只有月球的一半。因為地球自轉比月球公轉來得快，慣性作用使得海水凸起的方向並非直接指向月球，而是指向月球軌道前方大約10度，這樣造成的力矩使得地球自轉越來越慢（目前大約每世紀慢0.002秒），同時月球也距離地球越來越遠（每年遠離3.8公分）。這樣的趨勢持續到地球也以同一面對著月球，彼此

潮汐力鎖住對方。例如矮行星冥王星，它的衛星 Charon 也很大，就已經達到這樣「彼此相看」的狀態，導致從冥王星表面觀看，Charon 永遠在天空同樣位置。有理論認為地球生命誕生仰賴某種「燒杯」，在其中進行化學反應，在細胞膜沒有發展出來之前，或許潮汐的沖刷，使得潮間帶的孔隙扮演了燒杯的角色。而要是月球不

YouTube 月面 相關影片：



our of the Moon in 4K

<https://www.youtube.com/watch?v=nr5Pj6GQL2o>



Real Moon Views

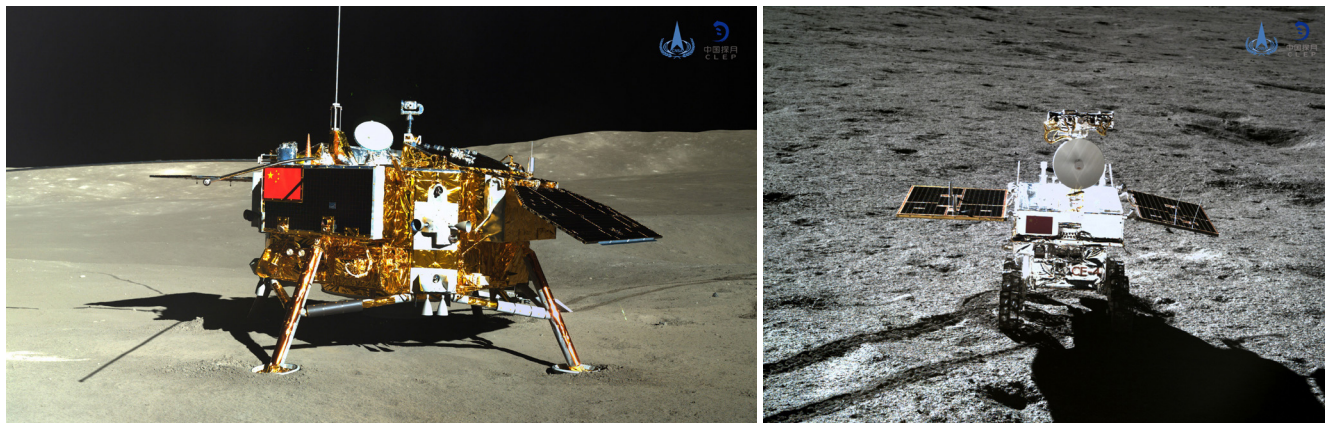
https://www.youtube.com/watch?v=GARKxVoQt_Y

存在，潮汐漲落小得多，或許地球生命的出現要推遲許多。除了潮汐的影響，又近又大的月球也穩定了地球自轉軸，加上地球軌道接近圓形，與太陽距離變化不大，規律的季節與溫度變化，也有利於生命發展。

近年對月球的探測

1970年代以後，美、蘇對於太空探測的重點，逐漸轉向更遠、更具挑戰的任務。最後一次登月任務為蘇聯 Luna 24，成功攜回月球樣本，並在其中分析出0.1%的水分。

新一批的探月任務始於中國嫦娥工程，其中嫦娥三號 (Chang'e 3) 於2013年12月2日發射，四天後抵達月球軌道，接著於12月14日成功在月表「雨海」著陸，次日「玉



嫦娥四號（左圖）與玉兔二號月球車

兔號」月球車開始在月表行走，探測月表地質，於2016年7月31日停止工作。原來做為備份的嫦娥四號 (Chang' e 4)，則搭載了「玉兔二號」月球車，於2018年12月8日發射，12月12日進入月球軌道，而於2019年1月3日成功在月球背面、高緯度極地登陸。這些登月計畫展現了航太技術，也有科學任務，包括相機、光譜儀研究地貌與表面化學成分，也進行種子發芽等生物實驗。在天文學方面，嫦娥三號安放了口徑15公分的光學天文望遠鏡，由於月球沒有大氣，尤其適合在紫外線觀測時變現象。嫦娥四號則在月球背面沒有地球無線電干擾的環境，放置了電波望遠鏡。但也由於月球背面無法直接與地球通訊，增加了任務的挑戰性。

網路上或是電視上的名嘴常說阿波羅登月任務是假的，或是月球是外星人基地。歷史上有名的「月球大騙局 (The Great Moon Hoax)」發生在1835年8月底，美國紐約太陽報以頭條新聞宣稱英國信譽卓著天文學家赫歇爾 (Sir John Herschel) 使用當時最先進位於南非的大型天文望遠鏡，清楚看到月球表面有生物存在，結果發表在權威的科學期刊。報紙連載了6天，從

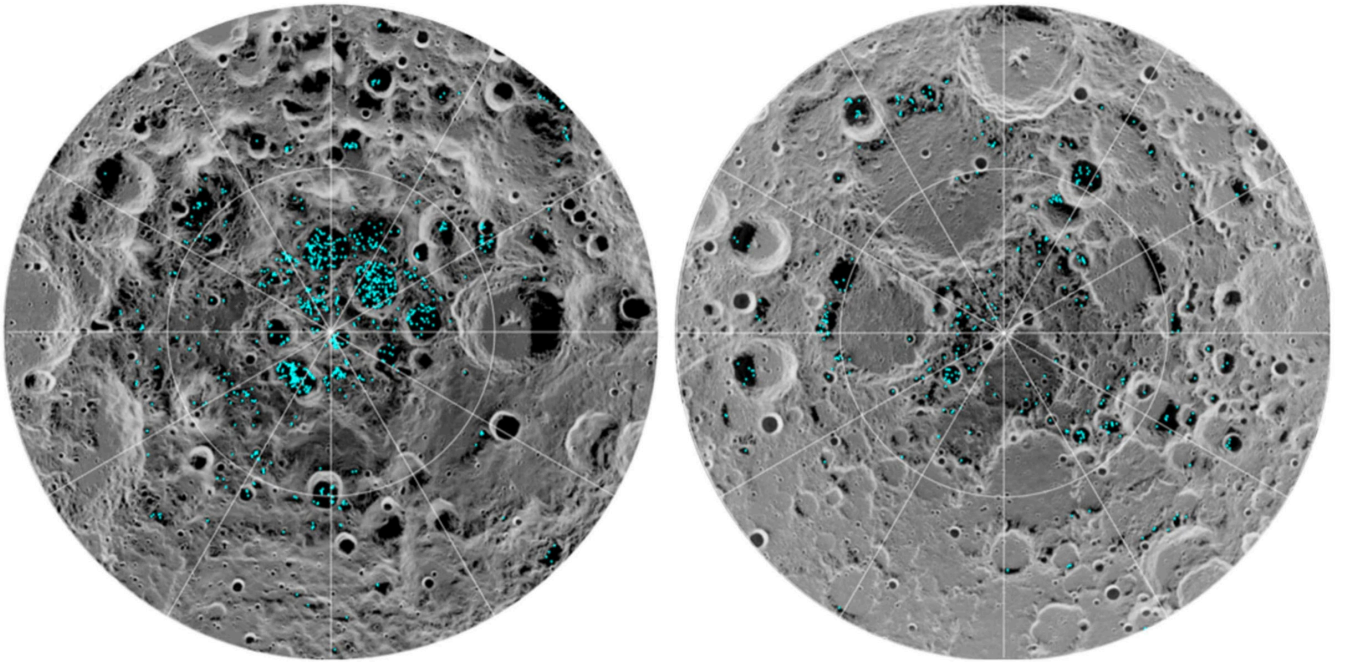
開始簡單的植物、月海、火山、畜獸，最後是類似蝙蝠的月球人彼此交談，背景則有壯麗的廟堂，顯示月球人具有高度文明。這個假新聞因為有人證、物證，掀起討論風潮。事後查證這是假新聞，但是一般人寧可信其有，尤其有學問的人反而深信不疑。到了廿世紀中期，人們不再相信月球蝙蝠人，但不少人仍認為月球上有生物（地球上到處都有，抬頭可見的月球想當然也有！）只是望遠鏡看不到，直到多次登月任務，並攜回岩石樣本，完全沒有生物跡象。但是批判者總宣揚陰謀論，認為月球上其實發現轟炸機、聽到異聲或是看到異物，甚

至謠傳月球文明警告地球人不要再來，並和美國總統簽署了互不侵犯條約，解釋了1970年以後NASA為何不再前往月球。

即使以科幻小說來說，這些劇情都沒有說服力，因為事實上各國對月球的探測從來沒有間斷，只不過下廚房不再是稀奇的事情。美國的太空任務之後著眼於前往太陽系更外圍、更具挑戰性的天體（插國旗），蘇聯以及後來的俄國則偏向內太陽系的金星與水星探索。歐洲與日本，以及近來的中國、印度等從廚房開始，一步一步從飛掠、繞行，進



1835年紐約太陽報的「月亮大騙局」的石版畫



在月球兩極地區最黑暗、最寒冷的隕石坑中，科學家終於確認那裡藏有令人難以置信的寶貴資源：水冰。上圖中淺藍色的區域就是發現水冰的地方，左圖（南極）顯然比右圖（北極）的分佈要更廣，存量也更大。© NASA

而登陸、漫遊。當太陽系天體走透透，就再走一遍，如發現新大陸般擴大新的地理知識，技術上也挑戰登陸小行星、彗星，並且從無人，嘗試載人任務。2008年10月印度便成功撞擊月面；2014年盧森堡執行的任務也成功飛掠月球；2018年底中國成功登陸月球背面，但是2019年2月以色列的登月任務則失敗。

近年的月球任務，包括2019年印度要漫遊月面；美國與歐洲有私人機構規劃登陸月球；中國計畫攜回月面樣本。2020年也預計有德國、韓國的月球任務，這些除了以太空技術宣揚國力，多帶有探測意味，例如找水。以建立月球基地來說，能夠就地取水很關鍵，除了生活所需，分解後可以提供氫氣做為燃料，以及氧氣供應呼吸使用。月球沒有大氣，按理表面不該有水，但在極地，終年不見陽光的坑洞中，近來發現水冰證據，一般相信來自

小天體（彗星與小行星）的撞擊。

有關月球的起源，其中（1）「分裂假說」，認為月球乃是地球快速自轉而分裂出去，支持的證據包括月球正遠離地球，但是不支持的證據則是在月球岩石中沒有發現水分，成分與地球迥然不同。另一種為（2）「捕獲假說」，認為月球在別處形成，然後被地球引力抓住而繞行，但是月球與地球表面的地質化學很接近，不支持這個隨機捕獲的過程。第三個是「吸積假說」，也就是月球與地球同時相鄰形成，但是月球缺乏較重（例如鐵）的元素，也推翻了這個說法。目前最為科學家接受的是（4）「碰撞假說」，也就是地球早年被火星般大小的天體（名為 Theia）撞擊，地球表面物質拋到太空，部分流失，部分則凝聚形成月球。支持的證據包括地月系統的角動量大，早期外來碰撞可以提供；

另外是地核相對很大，因此早期可能失去地函，這個假說也成功解釋為何月球的成分類似地球表面，但缺乏地核的重元素。

人類踏上月球50年以後，太空發展擴展更全面。對於天體的地理描述越發清楚，物理與化學的探測更加深入。早年飛經木星、土星、天王星與海王星的太空船，持續高速向外飛行，已經離開「行星間」的領域，而進入「恆星間」的太空。有太空船降落土星的衛星泰坦；有太空船飛經冥王星，朝向太陽系外圍另外天體飛去；有太空船登陸小行星，並攜回表面樣本。未來將會登陸有地下海洋的衛星，鑿破冰層一探究竟。美國甘迺迪總統1960年曾說要讓美國 “not first but, first and, first if, but first period.” 在新的國際競爭環境下，且讓我們拭目下一回合的太空探險劇本。

陳文屏：國立中央大學天文所教授