

# 新一輪太空競賽 瞄準月球核電站

## 中俄擬聯手興建 美國落後心急如焚

### 核能登月

一場全新的太空競賽正在月球展開。美媒近期引述消息稱，美國太空總署（NASA）計劃在2030年之前，在月球上安裝一座美國核反應堆，這將有助美國在月球表面設立「禁區」。俄羅斯和中國早前宣布，計劃在2036年聯手完成興建月球核電站項目，各方都在力爭第一個完成該項目。不過，有專家質疑，美國在5年內建好月球核電站計劃似乎不符合實際。

大公報記者 郭嘉



▲8月7日，中國攬月月面著陸器起飛綜合試驗在河北試驗場圓滿完成，標誌著中國載人月球探測工程研製工作取得新的重大突破。新華社



▲中國模擬載人登陸月球表面。網絡圖片

【大公報訊】近日，美媒紛紛披露，美國交通部長兼太空總署代理署長達菲計劃宣布，美國加快推進在月球上建設核反應堆的計劃。這是達菲今年被任命為代理署長以來主導的首項重大舉措。該計劃將明確為NASA此前構想的月球核反應堆項目設定具體時間表，目標是在2030年前完成一座100千瓦級核反應堆的發射與部署。該指令還要求NASA在60天內徵詢業界意見，並指定負責人統籌推進項目。NASA正在尋找有能力在2030年前發射核反應堆的企業。

分析人士指出，美國加快建設月球核能系統，意在為未來長期探月任务和火星探測任務奠定能源基礎，同時試圖在新一輪太空競賽中「佔據先機」。

達菲表示，誰先在月球戰略區進行部署，就可先「圈地」設立「禁區」，搶得先機和主導權。他特別提及中國和俄羅斯的月球計劃，「自2024年3月以來，中國和俄羅斯至少三度宣布將合作於2030年代中期在月球部署核反應堆。」有NASA高級官員表示，「這些行動是為了贏得第二次太空競賽」。

早在2021年，中國與俄羅斯就正式啟動國際月球科研站（ILRS）計劃，預計2036年在月球南極建成。今年5月，中國國家航天局（CNSA）與俄羅斯國家航天集團（Roscosmos）簽署了一份關於建設月球核電站的合作備忘錄。

### 長期太空任務 核能優勢明顯

在太空任務中，持續可靠的電源供應至關重要。《紐約時報》指出，對於未來的月球基地和火星基地來說，僅僅依靠太陽能是不夠的。月球上的一天相當於地球的四個星期，其中兩周白天，兩周完全黑暗寒冷，這使得在月

球表面的航天器或基地，很難僅靠太陽能供電。受環境影響小、不依賴陽光、可全天候連續工作、功率大的核反應堆電源優勢明顯，成為理想的選擇。

美國一直將核反應堆電源視為月球、火星等星球表面基地能源供應的首選。2018年，NASA曾成功測試新一代小型太空核反應堆技術「千瓦級動力」（Kilopower），這是美國40多年來第一個空間核反應堆地面原型堆。NASA在2022年與美能源部合作，資助私人公司研發一套40千瓦級月球表面核電系統。

### 專家潑冷水：美國計劃不切實際

不過，美國要在2030年前部署核反應堆到月球的計劃，仍涉及眾多關鍵技術難點，不少業內人士質疑計劃的可行性。

首先，反應堆必須足夠小、足夠輕，才能搭載到運載火箭上。NASA開展40千瓦月球核反應堆研究的三家私人公司，都未能實現將核反應堆的重量控制在6噸以下的目標。反應堆的尺寸也是關鍵，洛克希德·馬丁航天公司副總裁凱文·歐（Kevin Au）稱，開發更大功率月球核反應堆面臨的最大挑戰，是開發能夠承受更高溫度、用於將熱能轉化為電能的材料。除了核反應堆的設計和建造工作之外，啟動月球核反應堆的監管審批可能也需要數年時間。用於將核反應堆送往月球表面的著陸器需要具備15噸的有效載荷能力，但美國目前還沒有滿足這一要求的航天器。

曾在美國能源部任職的伊利諾伊大學厄巴納-香檳分校教授赫夫（Kathryn Huff）表示：「這只是一個非常激進、坦率地說也不切實際的時間表。它的目的是為月球前哨站供電。但在沒有前哨站的情況下這樣做，感覺有些荒唐。」

### 話你知道

## 1965年 人類發射首個太空核反應堆

早在上世紀60年代，美國和蘇聯已開始研發太空核反應堆技術，將其視為國家戰略核心技術。1965年4月3日，美國發射SNAP-10A核裂變電源系統上太空，這是人類首次向太空發射一個核反應堆。SNAP-10A當天從范登堡空軍基地發射升空，成功進入軌道，初始發電量超過600瓦。在運行43天後，由於電氣系統發生高壓故障，SNAP-10A被迫關閉，停止運行。



▲美國的SNAP-10A核裂變電源系統。網絡圖片

據統計，美蘇累計成功發射了30多個裝備有太空核反應堆的航天器。1978年1月，用於偵察美國核潛艇動向的蘇聯軍用衛星「宇宙954」號，其內部的核反應堆曾出現問題，衛星墜入大氣層後，其放射性碎片散落在加拿大西北部地區。加拿大政府為此向蘇聯提出抗議，蘇聯後來賠償加拿大300萬加元的碎片清理費用。

## 月球有哪些重要資源？

### 氦-3

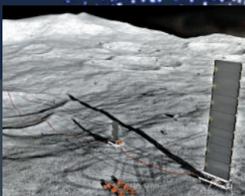
氦-3在地球上的含量非常稀少，在月表土壤中含量高達100萬噸。氦-3是核聚變材料，其不具放射性，並不會產生危險的核廢料，100噸的氦-3可以滿足全世界一年的發電量。

### 水冰

水分子在低溫環境下結晶形成的固態水。科學家在月球南極區某些隕石坑發現了水冰存在的證據，意味著可轉化為飲用水，供太空人和太空農場使用；水冰分解出的液氫和液氧，還可以作為火箭發動機的燃料。

### 稀土元素

月壤中稀土元素含量顯著，風暴洋區克里普岩含225億至450億噸稀土元素及鈾、鈾資源。1千克的鈾232或鈾233可以在月球上提供一年的2.6兆瓦電力，可以用於核反應堆的燃料。



▲NASA的月球核電站項目的概念圖。網絡圖片



▲NASA月球表面建造新核裂變發電系統的概念圖。網絡圖片

### 面臨哪些挑戰？

- 發射：如何將核材料和具有一定重量的反應堆安全送上月球，對於重型運輸火箭構成挑戰；
- 安全：重中之重，一方面是在月球基地的使用安全，確保核反應堆穩定運行；另一方面是發射安全，電源的動力系統必須確保核燃料在到達月球表面之前不會被激活。任務結束後，反應堆要實施安全退役，以免影響太空人和月表環境。

- 散熱：地面的核反應堆都建立在有水的地方。在月球上只能依靠很大面積的輻射散熱器散熱，這不僅增加成本，且提高技術難度。 大公報整理

## 月球造核電站Q&A

### 為什麼在月球建核電站？

●隨着太空探測的技術發展，人類想要停留月球表面進行時間更長、更深入的科學研究，需要在月表有持續動力的能源。目前，載人航天主要能源主要是三類：太陽能、化學能（燃料電池等）以及核能。月球一天（自轉周期）為四個星期，兩周為白天，兩周為黑夜，再加上月表環境嚴酷，太陽能或者化學能難以維持長期運轉需求。



▲NASA的月球核電站項目的概念圖。網絡圖片

### 核反應堆優勢在哪？

- 電源功率大、重量輕、體積小，能用於極端環境且長時間運轉。

### 如何在月球上建核電站？

●研究人員在地球上製造組裝核反應堆，完成安全測試，之後將其與月球著陸器相結合，由運載工具將著陸器運送至月表。核反應堆電源可立即運行，毋須額外組裝或改造。

### 月球核電站會造成污染、威脅地球嗎？

●專家表示，月亮的軌道距地球38萬公里，高度足夠高，能夠保證核反應堆不會掉落在地球上。此外，即使設施在月球發生事故，大氣層會將致命的輻射阻擋在外層空間，保護地球，風險相對小。

## 月球核反應堆計劃

### 中俄聯合：國際月球科研站（ILRS）

目標：2036年前後  
項目時間表：2026年前後中國發射嫦娥七號，開展月球極區環境和資源勘查；2026年至2030年間，中國「嫦娥八號」探測器和俄羅斯「月球-28」將在月球選定地點著陸，為項目奠基。屆時中國太空人也可能嘗試首次登陸月球。預計2035年前後構建國際月球科研站基本型。  
技術情況：俄羅斯在太空電力供應方面擁有天然優勢，在將核電站送入太空方面，俄羅斯處於世界領先地位，領先於美國。2013年以來，中國已經多次成功將無人探測器送上月球。2024年，中國成為首個成功從月球背面採集到岩石樣本的國家。

### 美國NASA

目標：2030年前  
項目時間表：「阿爾忒彌斯3號」載人任務計劃於2027年進行，美國太空人將重返月球。  
技術情況：NASA於2018年成功測試「千瓦級動力」（Kilopower）項目，是一種10千瓦級的小型輕量裂變發電系統。2022年，NASA資助三間民間企業，研發

40千瓦級核反應堆，目前要將規模升級至100千瓦。 大公報整理



▲今年3月，SpaceX的「星艦」重型火箭在試飛中爆炸，碎片劃過天空。路透社

## 依賴私企 NASA登月項目一拖再拖

### 諸事不順

美國太空總署（NASA）擬加速推進在月球上建設核反應堆的計劃，試圖搶先在月球表面「圈地」。但NASA近來面臨技術、延誤和資金等多重窘境，分析認為，這項計劃的實施前景並不樂觀。由於技術問題，NASA的「阿爾忒彌斯」登月計劃進展多次延誤，首次載人登月任務延期至2027年進行。與當年的阿波羅計劃不同，NASA這次嚴重依賴私營企業實現登月，自身則改擔任協調和推進角色，從而大幅降低成本。但是，這種角色變化卻嚴重影響了進展的實施，目前尚無一家美國私營企業擁有足夠可靠的登月能力。億萬富翁馬斯克的太空探索技術公司（SpaceX）在美國太空事業中佔主導地位，其新一代重型運載火箭「星艦」被視為實現登月的關鍵，但相關技術未成熟，今年的測試中更屢次爆炸，更遑論要安全搭載核反應堆上太空。馬斯克與美國總統特朗普公開翻臉後，NASA正尋求替代方案。亞馬遜創始人貝索斯旗下的藍色起源公司，雖研發出「藍月」著陸器，但也尚未投入使用，可靠性不明朗。波音「星際客機」去年進行首次載人飛行，卻因為故障導致太空人滯留國際空間站8個月。

除技術難題，NASA還面臨預算資金和研究的困境。美國總統特朗普政府2026財年預算提案將NASA科研經費削減近半，並取消部分行星探測任務。由於科研經費減少，NASA在太空探索方面的諸多科研項目也受到衝擊。