

### 嫦娥三號奔月

在今次中國探月工程「落月」任務中，最大看點莫過於嫦娥三號探測器（即中國首台月球著陸器和玉兔號月球車）。

嫦娥三號探測器採取放射性同位素熱源（也稱核能源、核動力）和兩相流體回路技術抵禦大寒，將在月晝120℃和月夜-180℃的極端溫度環境下生存，而配有高精度導航相機的「玉兔」月球車可在月球表面行駛自如。專家認為，綜合對比核動力、抵禦低溫和溫差能力、軟著陸方式等多個方面，可以說中國嫦娥三號應不遜於美國「好奇號」火星探測器。  
■香港文匯報記者 劉凝哲

# 玉兔長天眼 核能抗極寒

## 無懼夜凍晝烤 性能媲美「好奇號」

嫦娥三號任務將在首次實現中國航天器在月球的巡視探測。在經過720秒的下降過程後，嫦娥三號探測器將在月球虹灣地區實現軟著陸。隨後進入至關重要的「兩器分離」階段，巡視器玉兔號月球車與著陸器要完成解鎖、釋放、分離、下降到月面、駛離等多個階段。這一過程的每個動作都環環相扣，任何一個細節都可能影響任務成敗。因此，科學家在設計時就已留有足夠餘量。特別是通過大量實驗，設置極端狀況，加嚴考核，確保了機械能力可靠。

目前，僅有前蘇聯曾進行2次月面無人巡視探測任務，月球車分別在月面行走了10.5公里和37公里。中國是第2個實施無人月球巡視探測的國家，嫦娥三號巡視器玉兔號月球車在月面行走時，最小移動距離不少於10公里、最大移動速度200米/時，相關技術水平與國外相當。

中國月球車的輪系結構、懸架結構分別參考俄羅斯月球車和美國火星車設計方案。採用六輪、節網式車輪，結構緊湊、控制容易，能很好地適應月面地形。月球車的六輪獨立驅動方式，增強了動力性能和系統可靠性。此外，月球車還採用前後四輪轉向，可實現原地轉向功能；採用搖臂懸架結構，可調整車體與月面高度，增強越野性能。

### 精確導航 遇險剎車

在月面導航控制技術方面，中國月球車自主攻克了在月面導航控制難題。由於著陸點與指定目標位置之間的地形地貌未知，月面有凸起的岩石、斜坡、深坑和一層鬆軟的月壤，因此月球車配備有高精度導航避障相機，可識別出月面障礙，找出能安全越過或避過障礙到達目標點的路徑。同時，為避免行進過程中發生碰撞、下陷、傾覆等危險狀況，月球車還具備緊急情況及時停車的功能。

### 高溫散熱 低溫保暖

月球白晝最高溫度達120℃，而夜晚最低溫度達-180℃，且每次月夜時長達14個地球日，高溫散熱、低溫保暖，以及高達300℃的溫差，是嫦娥三號任務中最關鍵的難題。據介紹，中國首次利用放射性同位素熱源（放射性同位素在衰變過程中可以產生熱能）加兩相流體回路（通過強制流體在管路循環流動而傳輸熱量）方案，實現月夜探測器保暖。

### 核電池壽命 達30年

人民網發表的文章稱，用於嫦娥三號著陸器和月球車的核電池可連續工作30年（核電池中的鈾238半衰期長達80多年）。即使月夜溫度驟降-180℃，可依靠核電池釋放出的熱量保溫。一旦新的月晝來臨，太陽能電池就能代替核電池，著陸器和月球車將被陽光喚醒再次進入工作狀態。

專家認為，中國嫦娥三號對比美國好奇號並不遜色。首先，好奇號重量達到約1噸，而嫦娥三號僅有140公斤，這意味著嫦娥三號核電池將遠小於好奇號，而小型化是核動力裝置的重要指標。相比火星100℃左右的溫差，月球有高達300℃的溫差，這意味著嫦娥三號在應對溫差方面將更了不起。此外，登陸月球和登陸火星的難度差別不大，中國嫦娥二號衛星的飛行距離實際已超過地球飛往火星的距離。



美國「好奇號」火星車模擬圖。資料圖片

## 巡視器行走「遙控+自控」

嫦娥三號任務中，地面將對玉兔號月球車實施遙操作，以更好地滿足巡視探測的科學需求。目前，國外在地外天體上成功使用的無人巡視器控制方法主要有兩種：一是前蘇聯採用基於視頻圖像的控制方案，對巡視器自主能力要求較低。二是美國採用的遙操作加自主控制方案，這解決了數小時無人監測、複雜地形運動控制等問題。玉兔號月球車的遙操作，結合有前蘇聯和美國各自的特點和成功經驗，採用自主加地面控制相結合的方式。根據獲取到的環境參數，在地面完成任務規劃，而巡視器自主為完成局部規劃、避障並具備安全監測、應急保護的能力。

### 3個層次規劃

科學家設計了嫦娥三號巡視器探測任務規劃方案，規劃分為3個層次：整體規劃、探測周期規劃和導航單元規劃。整體規劃是指在巡視探測開始時，利用所獲得的精細圖像數據，建立著陸區三維場景，規劃出著陸點到目標的行駛路徑，行駛路徑由一系列探測點（距離約100米）組成。探測周期規劃是指將兩個探測點之間的路徑，細化一系列導航點（距離約10米）。導航單元規劃是指巡視器自主控制完成兩個導航點之間路徑行駛。



## 玉兔號輕過蘇聯月球車

嫦娥三號是人類歷史上的第三次無人月球巡視探測。在上世紀美蘇太空爭霸中，前蘇聯的月球車1號搭載在「月球17號」探測器上於1970年11月10日在月面兩海地區著陸，這是第一次在地球上對月球上的機器人進行遠程控制。隨後，前蘇聯月球車2號搭載在「月球21號」探測器上於1973年1月15日降落在澄海地區。

航天專家龐之浩表示，前蘇聯的月球車1號、2號基本相同，它們與中國的月球車有一些相同之處，例如，都是用著陸器攜帶在月面軟著陸，都採用輪式移動，工作電源都採用太陽電池陣列+蓄電池，在月夜期間都是通過核電源保溫。龐之浩表示，前蘇聯和中國的月球車也有明顯的不同之處，例如，蘇聯2輛月球車質量分別為756公

斤、840公斤，而中國的玉兔號月球車的質量為140公斤。每輛蘇聯月球車有8個輪子，而玉兔號月球車有6個輪子。

### 月基望遠鏡 全球首次使用

此外，當年蘇聯月球車僅帶了一架笨形天線、一個高精度定向的螺旋天線、四台電視攝像機，以及一些用來測量月壤密度和物理、化學特徵的設備。車上所搭載的有效載荷偏少，在月面移動以遠程遙控操作為主，不能自主避障行走。如今嫦娥三號搭載的更加精密的有效載荷，其中著陸器的月基光學望遠鏡、極紫外相機在世界月球探測器上首次使用。

# 720秒： 減速剎車確保軟著陸

美國好奇號火星探測器在登陸火星時，曾經歷「黑色7分鐘」。這是由於軟著陸過程雖然經過精心設計，但任何小小差池都會導致任務失敗，當信號傳達到地球上時，「要麼已經軟著陸，要麼已經功敗垂成」，「難度係數大於10」。這與嫦娥三號下降段的「驚心動魄720秒」頗為類似，中國此次登月也將採取完全自主軟著陸。

嫦娥三號經過十餘天的奔月行程後，將在12月中旬進入15公里/100公里橢圓形環月軌道，飛行數天後開始實施軟著陸下降。在載人航天工程中，太空人乘坐飛船返回艙從太空軌道穿越大氣層，然後降落在地面上的軟著陸技術已非常成熟。相比之下，月球的重力場僅為地球的六分之一，也沒有大氣層，其技術難度極大。

軟著陸下降過程將在嫦娥三號距離月表面15公里時開始，歷時720秒（12分鐘）。開始的十餘公里是主減速段，主要任務是減速剎車，為軟著陸做準備。

隨後，嫦娥三號搭載的科學載荷開始工

作，包括測距、測速等敏感器開始工作，降落相機開始拍攝月貌並實時向地面傳輸。

### 懸停避障判斷著陸區安危

嫦娥三號將繼續下降，進入接近段也就是粗避障階段。嫦娥三號的科學載荷將拍攝照片，看看著陸區是否存在超出能力所限的環境，可檢測出大於1米的石塊和坑。

達到距離月表一定距離時，嫦娥三號進入懸停階段，速度降至零。這時嫦娥三號上的敏感器將精確檢測著陸區，可發現更加細小的障礙，識別出月面坡度等危險地形。隨後，嫦娥三號將繼續下降，並根據懸停階段檢測出的結果，實施避障。最後數十米，嫦娥三號將進入最後的緩速下降階段，之後實現在月面軟著陸。

值得關注的是，中國的首次軟著陸實施方案，與美國、前蘇聯並不相同。嫦娥三號在下降過程中加入懸停、避障階段，這會極大提高安全著陸的可靠性。

## 8件尖端儀器 3大探月任務

嫦娥三號探測器共搭載8台尖端科學載荷，用以完成月表形貌與地質構造調查、月表物質成分和可利用資源調查、地月空間和月表環境探測與月基光學天文觀測這三項科學任務。著陸器將搭載地形地貌相機、降落相機、月基光學望遠鏡、極紫外相機、月球車將搭載全景相機、測月雷達、紅外成像光譜儀、粒子激發X射線譜儀。月基光學望遠鏡，是國際上首次在月面開展天文研究的新領域，有望取得創新性研究結果。月球是科學家們夢寐以求的天文觀測場所，可以完全避開大氣影響，獲得極高精度的觀測數據。同時，月球大約28天（地球日）才自轉一周，可對一個目標開展長達300多小時的持續跟蹤。

極紫外相機，則將首次實現國際上在月面對地球等離子體層進行極紫外成像。在月面可以從整體上探測太陽活動、地磁擾動對地球空間等離子體層的影響，同時具有多天連續觀測的有利條件，能極大提高中國空間環境監測和預報能力。

專家形象的比喻，月基光學望遠鏡是站在月球看太空，極紫外相機則是站在月球看地球。月球車上搭載的測月雷達，則是另外一種科學探測，它集合其他載荷探測成功，可在國際上首次建立月球集形貌、成分、結構於一體的綜合性觀測剖面，建立起月球區域綜合演進動力學模型。

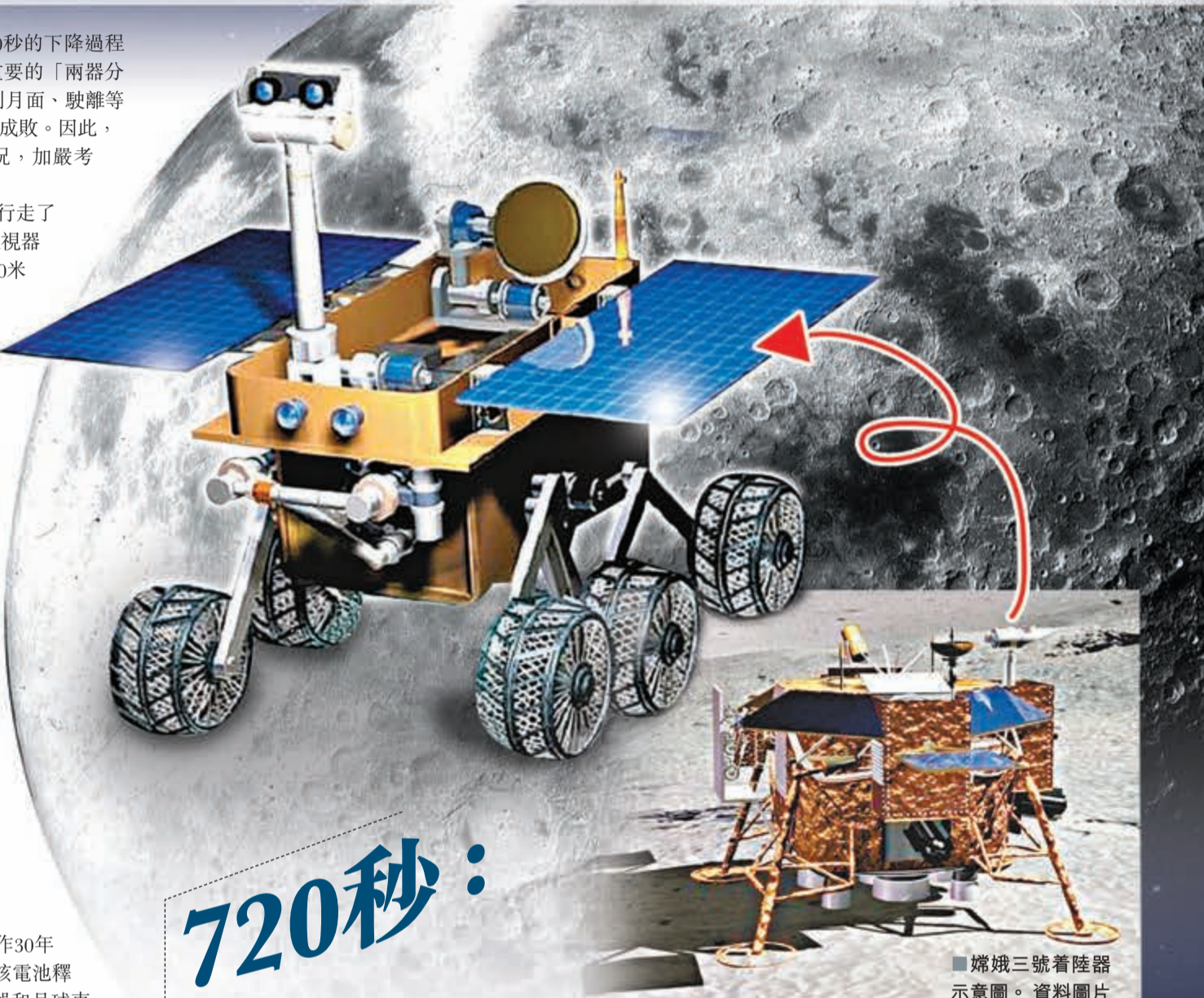
### 嫦娥三號載荷

#### 著陸器攜帶載荷

1. 地形地貌相機：拍攝著陸區的月表光學圖像
2. 降落相機：在著陸器降落過程中動態拍攝著陸區域的光學圖像
3. 月基光學望遠鏡：觀測各種天體在近紫外波段的亮度及其變化
4. 極紫外相機：獲取地球周圍等離子體層圖像

#### 月球車攜帶載荷

1. 全景相機：獲取著陸區和巡視區的月表圖像
2. 測月雷達：探測巡視路線上的月壤厚度和月殼淺層結構
3. 紅外成像光譜儀：獲取巡視探測點的月表光譜數據和幾何圖像數據
4. 粒子激發X射線譜儀：對巡視探測點月表物質主量元素進行探測和分析



嫦娥三號著陸器示意圖。資料圖片