

變換軌道省燃料 一起出發到火星

文／許晉翊（臺北天文館技佐）

美國的太空探測器「毅力號」（Perseverance）今年二月十八日成功登陸火星，三月時還傳回了它在火星上行駛（圖一）的畫面，令太空迷振奮。和同為地球的近鄰「月球」相比，火星有大氣層，且大氣環境較接近地球，被視為人類較有機會外星殖民的星球，因此國際間多次進行探索。或許有人注意到，去年七月下旬，除了毅力號，中國航天局的「天問一號」、阿拉伯聯合大公國出資的「希望號」也發射前往火星（圖二），難道這些國家是約好一起出發的嗎？

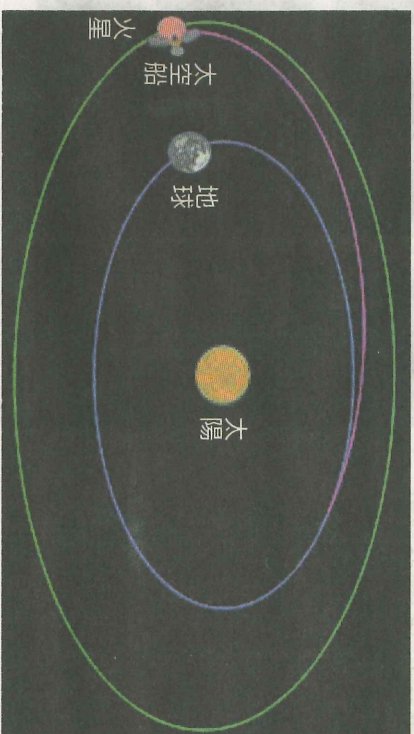
算出地球與火星會合週期

火星與地球都繞著太陽運行，火星繞太陽一圈平均是 687 天，地球繞太陽一圈則是 365.2422 天。由於繞日的週期不同，因此火星與地球間的距離也會隨時間而不同，時遠時近，最近時，兩者相距不到六千萬公里，最遠時則超過三億公里。如同跑操場，內圈的跑者會比較快跑完一圈，外圈的跑者則比較難追上內圈的跑者。在太陽系裡，地球離太陽較近，為內圈跑者，火星則為外圈跑者。每隔一段時間，太陽、地球和火星的位置會形成一條直線，此時地球和火星的距離最接近，稱為「火星衝」。

火星衝每兩年多才會發生一次，這個時間又稱為地球與火星的會合週期，即 779 天。這個週期又是如何計算的呢？可利用角度的概念來了解。假設地球的公轉週期為 E 天，地球每天在軌道上運轉了 $\frac{360^\circ}{E}$ ；



▲圖一：毅力號成功登陸，探測器在火星上行駛，拍下火星地表。

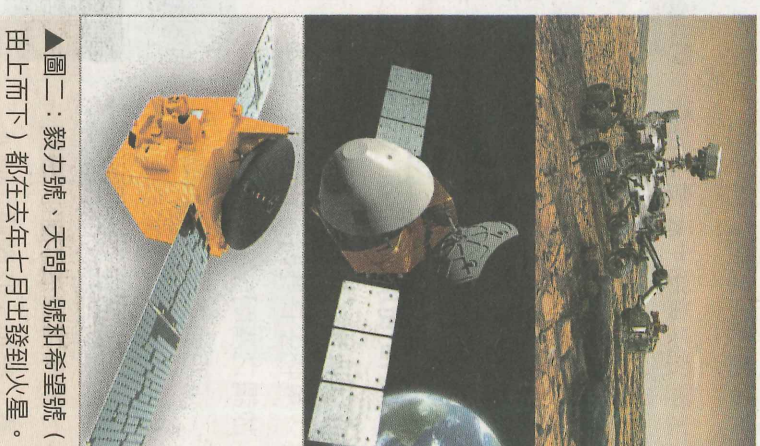


▲圖三：太陽、地球和火星形成一條直線時（火星衝），地球和火星的距離最近。太空船前往火星的路徑，則是沿著橢圓形軌道前往火星。

假設外行星的公轉週期為 P 天，每天在軌道上則運轉了 $\frac{360^\circ}{P}$ 。由於離太陽系中心越遠的行星，公轉週期越長，因此，地球的運轉速度比外行星快，在達到下一次「衝」之前，地球已經公轉了一週，總共要轉 $360^\circ + n^\circ$ ，才能追到外行星，形成衝的現象。因此，假設會合週期為 S ，地球運轉了 $360^\circ + n^\circ = \frac{360^\circ}{E} \times S$

，而外行星則運轉 $n^\circ = \frac{360^\circ}{P} \times S$ 。從以上得出方程式 $360^\circ + \frac{360^\circ}{P} \times S = \frac{360^\circ}{E} \times S$ ，最後將整條式子除以 360° ，即可得到 $1 + \frac{S}{P} = \frac{S}{E}$ 。最後將兩者的公轉週期代入前式，就可得到火星的會合週期，約為 779 天。

依照以上算出的週期——779 天，去年十月是地球與火星距離最近



▲圖二：天問一號和希望號（由上而下）都在去年七月出發到火星。

的時候，各國的太空任務應該要在去年的十月出發才對，怎麼會在七月下旬呢？

太空船到火星非直線前進

原來是為了節省燃料的關係。太空船前往火星的路徑並非直線前進，而是沿著橢圓形軌道（圖三）前進，這是德國物理學家瓦爾特·霍曼發明的方法。利用這種變換軌道的做法，途中只需推進兩次發動機，就可節省大量燃料，但這種方法在空間上而言，並非最短距離，所以探測器必須更早出發，在形成火星衝的兩個多月前就得發射（僅限火星，其他天體時間不同）。

目前天問一號和希望號也已抵達火星，在火星軌道環繞。天問一號預計在五月中旬到六月上旬實現登陸的目標，希望號則是要研究火星的大氣和氣候，將不會登陸火星。

上網聽火星風聲



美國太空總署在二〇一一年發射火星探測車「好奇號」，毅力號的外觀雖然和好奇號相似，但是，「好奇號」重，而且還搭載了獨一無二的實驗用直升機「獨創號」（Ingenuity），預計在著陸的六十天後開始運作。

和過去的探測器收音方式不同，毅力號首度將麥克風裝設在儀器上，在著陸後的兩天，美國太空總署就播放了一段由麥克風收到的十八秒的火星風聲，播放前，科學家已將毅力號本身產生的噪音濾除。如果你有興趣聽聽來自火星的風聲，可上網 <https://reurl.cc/XexMmg>

圖片來源：NASA、<http://scitech.people.com.cn/BIG5/n1/2020/0725/c1007-31797614.html>、<https://www.emiratesmarsmission.ae/hope-probe/instruments>、https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3c/Animation_of_Emirates_Mars_Mission_around_Sun.gif