

文/ 徐麗婷

國際太空站（International Space Station，ISS）是地球軌道上最大的衛星，也是太空中最大的人造物體，其大小約有一個足球場這麼大，有時候我們從地表用肉眼就可以看到它快速地在夜空中劃過。國際太空站在距離地球表面400公里高的低地球軌道上運行，並且以每秒約7.7公里的速度繞行地球。以這個速度繞地球一圈只需要93分鐘，所以太空站每天會繞行地球15.5圈（這也表示太空站上的太空人每天可以看15次以上的日出與日落）。

圖1. 由奮進號太空梭（Endeavour）於2010年執行任務時所拍攝的國際太空站。© NASA

國際太空站



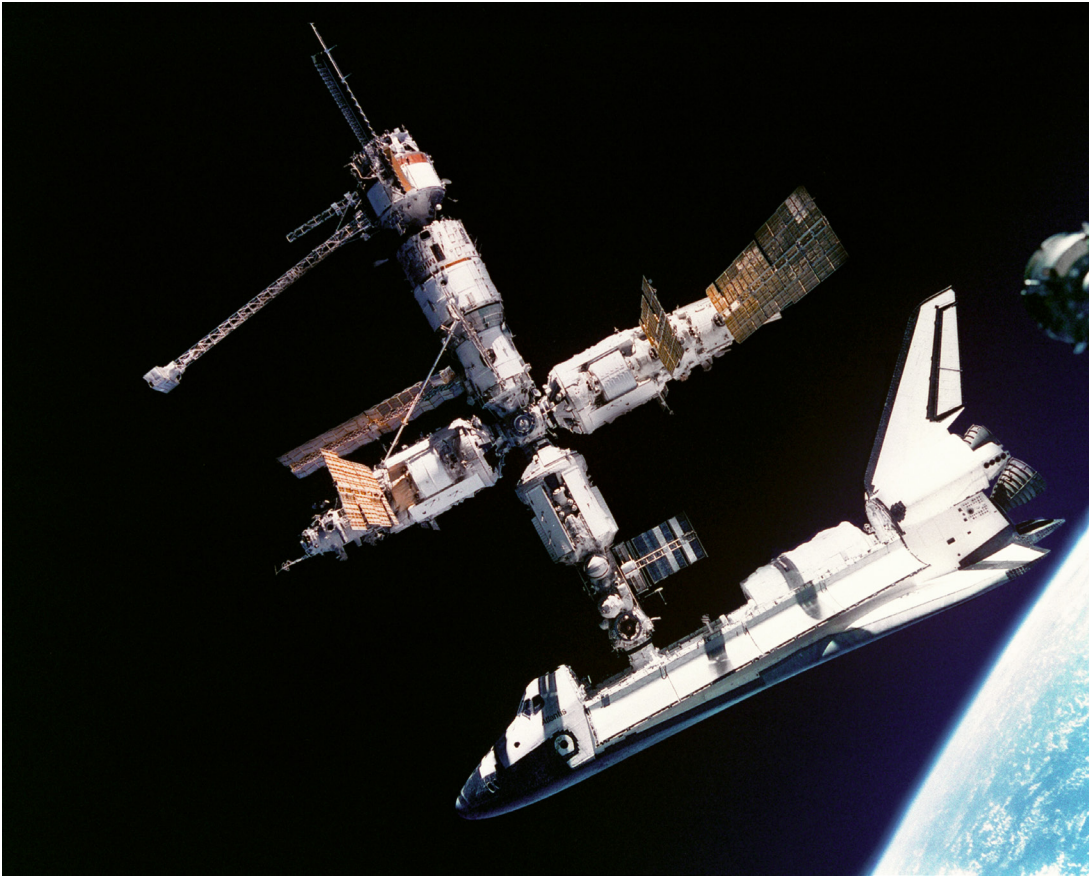


圖2. 1995年，俄羅斯「和平號」太空站（Mir）和美國的太空梭「亞特蘭提斯號」（Atlantis）對接。
圖片來源：wiki

冷戰時代的太空競賽

設置國際太空站的目的，主要是作為太空實驗室、天文臺，以及為未來可能的月球和火星登陸計劃提供運輸、維護和中繼站的服務。在2010年美國國家太空政策中，國際太空站更被賦予了為商業、外交和教育服務的額外目的。

然而，最初設立太空站的想法，其實是源自於冷戰時期美國與蘇聯的太空競賽。蘇聯在1980年代已經率先發射了模組化的太空站到地球軌道上，而美國政府擔憂蘇聯擁有比美國更強大的核武攻擊力量，因此在1984年提出了「戰略防禦計畫」，又稱為「星戰計畫」（Strategic Defense Initiative, 或稱 Star Wars Program），其目標是要建造太空中的反彈道飛彈系統，以阻止敵方的洲際飛彈和太空飛行器。美國太空總署提出的自由號太空站（Space Station Freedom）計劃就是這個「星戰計畫」的一部分，雷根總統更在1984年宣示將在10年內完成太空站的建設。

但是由於太空站預算龐大、加上1986年挑戰者號太空梭的爆炸意外，太空站計劃不斷地被延宕。

一直到1991年蘇聯解體後，冷戰正式結束，美國和蘇聯的太空競賽也失去了意義。冷戰結束後，美國總統柯林頓於1993年宣布結束自由號太空站的計劃。同年，在美國副總統高爾的推動下，美國太空總署開始與俄羅斯聯邦太空總署協商合作建立太空站的構想，這也促成了兩國初步的太空合作計畫：「太空梭-和平號計劃」。

國際太空站的前身 太空梭-和平號計劃 (1993-1998)

國際太空站的成立主要分為二個階段：第一階段是從1993到1998年，由美國太空總署（NASA）和俄羅斯聯邦太空總署（Roskosmos）所合作的「太空梭-和平號計劃」（Shuttle-Mir Program），而這個計劃也可以說是國際太空站的前身（見圖2）。

其中俄羅斯在1986年升空開始興建的和平號太空站（space station Mir），是世界上第一個模組化的太空站，也是第一個讓人類可以長期居住的太空

研究中心。在這個「太空梭-和平號計劃」其間，NASA一共執行了11次太空梭任務，並且派了7名美國太空人長駐在和平號上（累計將近1000天）向俄羅斯太空人學習長時間的太空生活經驗、操作太空站、太空漫步訓練、和進行各種科學實驗。其目的的就是為了建造之後的國際太空站而作準備。

2001年，因為和平號太空站的設備老化且缺乏維修經費，俄羅斯聯邦太空總署決定將其墜毀於地球大氣層，而其碎片則是掉入南太平洋海域中，結束它長達15年的太空服役生涯。

國際太空站 (1998-現在)

國際太空站目前由五個太空機構聯合運作，包括美國太空總署（NASA）、俄羅斯聯邦太空總署（Roscosmos）、日本宇宙航空研究開發機構（JAXA）、加拿大太空總署（CSA）和歐洲太空總署（ESA）。最初在命名國際太空站時是提議稱之為「阿爾法太空站」，但是俄羅斯方面並不贊成「阿爾法」（Alpha， α 是希臘字母表裡的第一個字母）這個名字，因為「阿爾法」有表示「第一個」

的意涵。事實上俄羅斯的和平號才是第一個模組化的太空站，所以他們認為國際太空站的名字應該稱作「貝塔」（Beta， β 是希臘字母表裡的第二個字母）會更合適。在各國商談之後才決定直接定名為「國際太空站」（International Space Station）。

1998年11月，國際太空站的第一個模組：俄羅斯的曙光號功能貨艙（Zarya）發射升空；同年12月，美國的團結號節點艙（Unity）發射進入軌道並與曙光號連接；2000年7月，俄羅斯的星辰號服務艙（Zvezda）升空與太空站連接。星辰號服務艙主要是提供太空人的生命維持系統，包括太空人睡眠的區域、健身器材、飲用水裝置、廚房設備、廁所以及其他衛生設施。這些設備都是為了2000年11月首批登上國際太空站的太空人做準備。（圖3的三張照片可以看到最初三個模組陸續建構太空站的演進。）

國際太空站的架設工作一直持續到2002年。不幸的是，在2003年發生了哥倫比亞號太空梭（Columbia）的失事事件，NASA停飛了所有的太空梭，國際太空站的建設也因此受到拖延。在太空梭停飛的兩年半裡，太空人的物資完全依賴俄羅斯聯盟號（Soyuz）太空船的輸送，一直到2005年NASA太空梭才再度重返太空。之後太空梭連續運送了大量的桁架與太陽能板到太空站上組裝（見圖

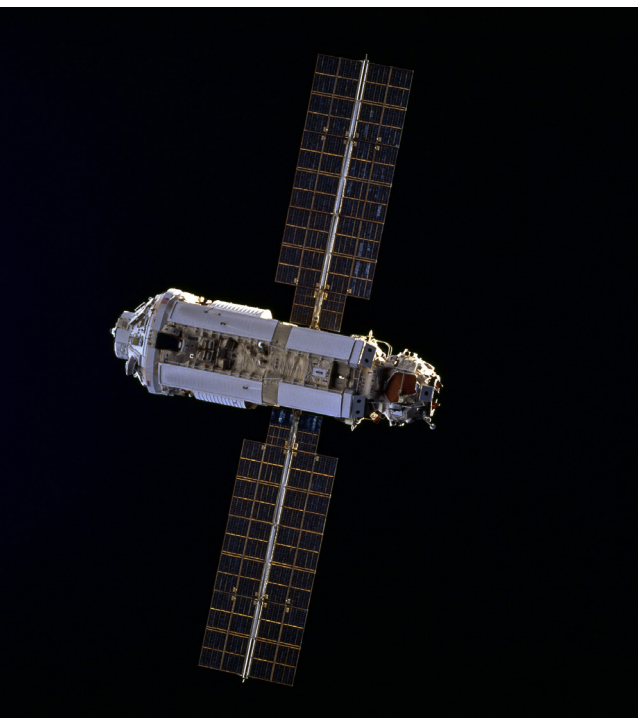


圖3a. 1998年從奮進號太空梭上拍攝的曙光號功能貨艙（Zarya），這也是第一個升空的國際太空站組件。圖片來源：wiki



圖3b. 1998年從奮進號太空梭上所拍攝的曙光號功能貨艙（Zarya）和團結號節點艙（Unity）。© NASA

4)。日本宇宙航空研究開發機構（JAXA）於2008年也加入了建造國際太空站的行列，陸續在太空站增設了希望號實驗艙（Kibo）；2012年，美國太空探索科技公司（SpaceX）發射了第一艘商業用太空船飛龍號（Dragon spacecraft）。

國際合作太空站的組裝

目前國際太空站的空間大小約為1,000立方公尺，總質量約41萬公斤。整個站體長約108公尺，寬約74公尺（大概是一個足球場的大小）。要建造完整的太空站，需要40多次的太空飛行任務才能達到。到2020年為止，NASA太空梭一共執行了36次任務來運送國際太空站的模組，另外負責運送模組的還包括俄羅斯的質子號（Proton）和聯盟號（Soyuz）運載火箭，以及美國太空探索科技公司的「獵鷹9號」（SpaceX Falcon-9）。太空站的模組主要是先在地面上建造完成，再運送到太空中組裝。下面列出一些規模較大的太空站模組：

- ◆曙光號功能貨艙（Zarya，於1998年11月升空）
- ◆團結號節點艙（Unity，於1998年12月升空）
- ◆星辰號服務艙（Zvezda，於2000年7月升空）
- ◆命運號實驗艙（Destiny Laboratory Module，於

2001年2月升空）

- ◆協和號節點艙（Harmony，於2007年10月升空）
- ◆哥倫布號實驗艙（Columbus orbital facility，於2008年2月升空）
- ◆日本希望號實驗艙（Japanese Experiment Module，又稱Kibo，於2008~2009年間分批發射升空）
- ◆綜合桁架結構與太陽能板（於2000~2009年間分批發射升空）
- ◆科學號實驗艙（Nauka，於2021年7月升空）

國際太空站在繞行地球的過程中，高度會逐漸下降。為了維持太空站的軌道高度，會以太空站的推進系統、或是以來訪的飛行載具引擎來提供推力，藉此推高太空站的軌道高度。太空站所在的低地球軌道上，同時也存在很多太空碎片。前面所提到的改變太空站軌道高度的方法，也可以應用在避開太空碎片撞擊的操作上（Debris Avoidance Manoeuvre, DAM）。萬一太空站來不及執行DAM以躲避太空碎片，那麼所有的太空人將會集合到俄羅斯的聯盟號（Soyuz）太空船上，若太空站受到嚴重破壞時就可以緊急撤回地球。這樣的緊急疏散事件在2009、2011、2012和2015年都虛驚過一次，但只有進入聯盟號，沒有撤離。

國際太空站上的實驗

由於國際太空站以高速繞著地球轉，太空站上的地心引力與離心力幾乎相互抵消。但是實際上，太空站上的重力環境其實並非是全然

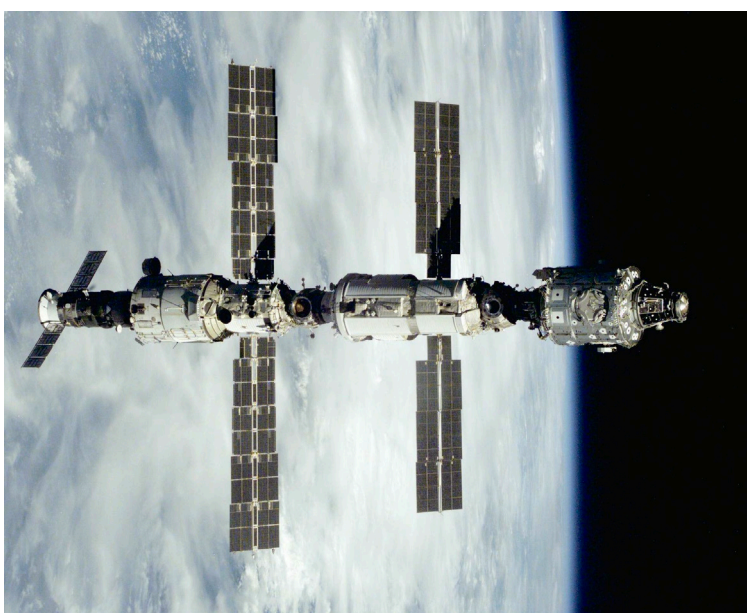
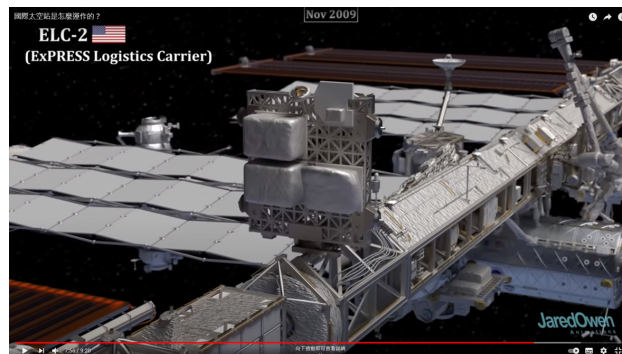


圖3c. 2000年從亞特蘭提斯號太空梭上所拍攝的曙光號功能貨艙（Zarya）、團結號節點艙（Unity）和星辰號服務艙（Zvezda）。圖片來源：wiki



影片：國際太空站是怎麼運作的？

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

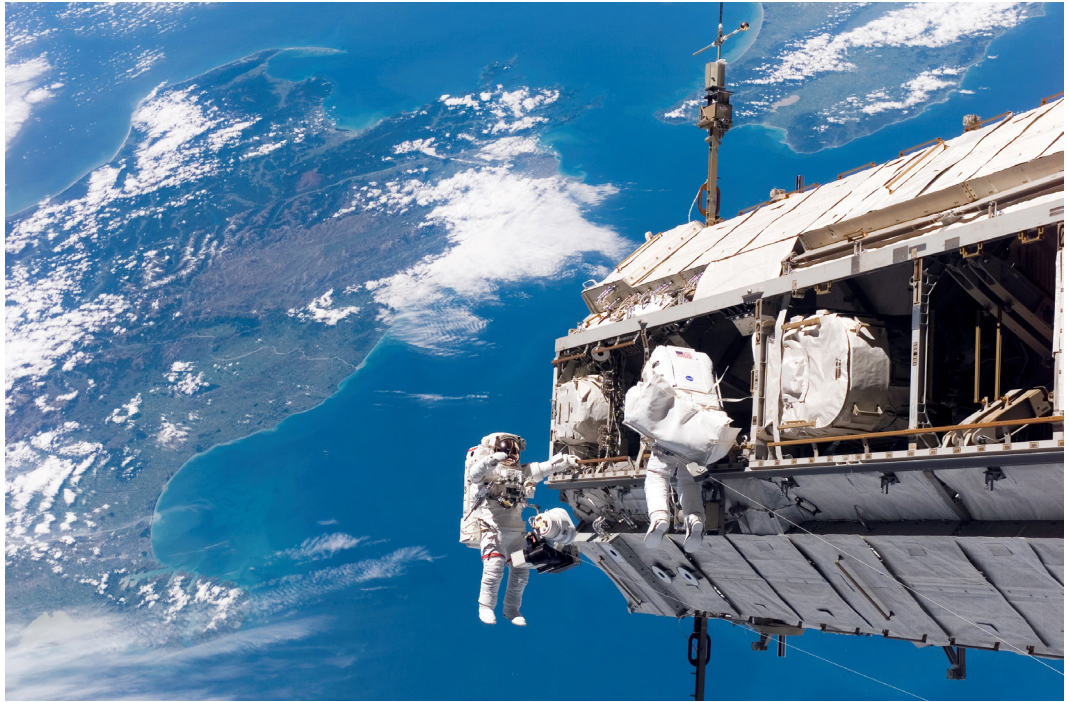


圖4. 2006年，太空人正在安裝桁架，桁架是用來安置太陽能板和艙外機器的結構。圖片來源：wiki



圖5. NASA太空人Nicholas Patrick正在用太空漫步執行艙外任務，攝於2010年。圖片來源：wiki

的「零重力空間」，而是還受到非常微小的重力影響，我們稱之為「微重力環境」（micro-g environment）。太空站設立的其中一個重要目的，就是做為在微重力環境下的實驗室，其研究領域包括天文生物學、天文學、氣象學、物理學、材料科學和太空天氣等。

在微重力的環境下研究植物生長、流體力學、材料合成、燃燒現象和結晶過程等，都有助於科學家更加了解在無重力下的各種物理現象。例如，圖6是非常著名的火焰實驗：在太空中燃燒的火焰會因為在微重力的環境下變成圓形的。另外一個重要的實驗，

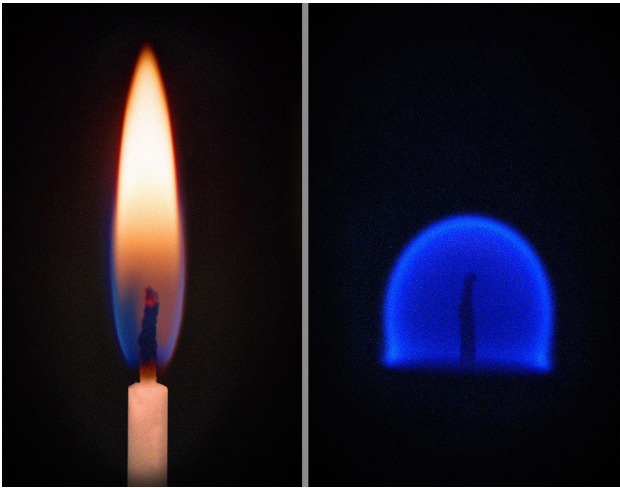


圖6. 左：在地表上的火焰形狀。右：在微重力環境下的火焰形狀。圖片來源：wiki

是研究長期在太空中生活對人體的影響，包括肌肉萎縮和骨質流失等問題。研究顯示長時間的太空旅行可能會造成太空人有重大骨折的風險，所以現在太空站上裝有為太空人設計的健身器材，讓太空人每天都能有固定的運動量，以防止肌肉萎縮及維持人體循環系統的健康運作。

國際太空站的未來發展

在太空站上的各項實驗與儀器測試，對於NASA即將執行的重返月球計畫以及之後的火星登陸計畫尤其重要。除了累積在太空中操作與維修各種儀器的經驗之外，對於微重力、宇宙輻射和隔離對太空人身心健康的長期影響，也能研究出較可行的應對之道。

到2010年為止，國際太空站所花費的金額已經高達1,500億美金，遠遠超過了最初的預算。雖然很多人對國際太空站未來的持續運作抱持著反對的意見，但是基於考量到未來重返月球與登陸火星的計畫，2018年美國國會還是通過相關法案，確定延長國際太空站的使用期限到2030年。

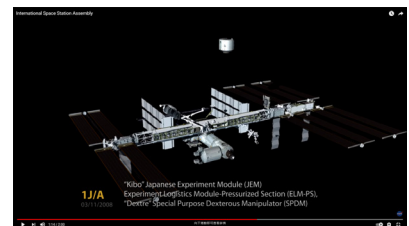
參考資料：

1. International Space Station
https://en.wikipedia.org/wiki/International_Space_Station
2. Shuttle-Mir program
https://en.wikipedia.org/wiki/Shuttle%E2%80%93Mir_program
3. Assembly of the International Space Station
https://en.wikipedia.org/wiki/Assembly_of_the_International_Space_Station
4. Strategic Defense Initiative
https://en.wikipedia.org/wiki/Strategic_Defense_Initiative
5. 福爾摩沙衛星二號10週年專題報導-4
<https://www.nspo.narl.org.tw/userfiles/files/21-no68p08-13.pdf>

YouTube相關影片：



NASA/JSC專家 陳啓明談「國際太空站」：人類地球之外的家
<https://reurl.cc/yE3Em2>



國際太空站的組裝過程
<https://youtu.be/yRqUPj13tTQ>



太空人的日常生活
<https://youtu.be/X9vOoXU56KI>



國際太空站從太陽前方飛越而過
<https://youtu.be/pWEmvZyFZ9Y>

徐麗婷：政大應用物理所兼任
助理教授