

文/ 陳姝蓉



人類最遙遠的家 國際太空站

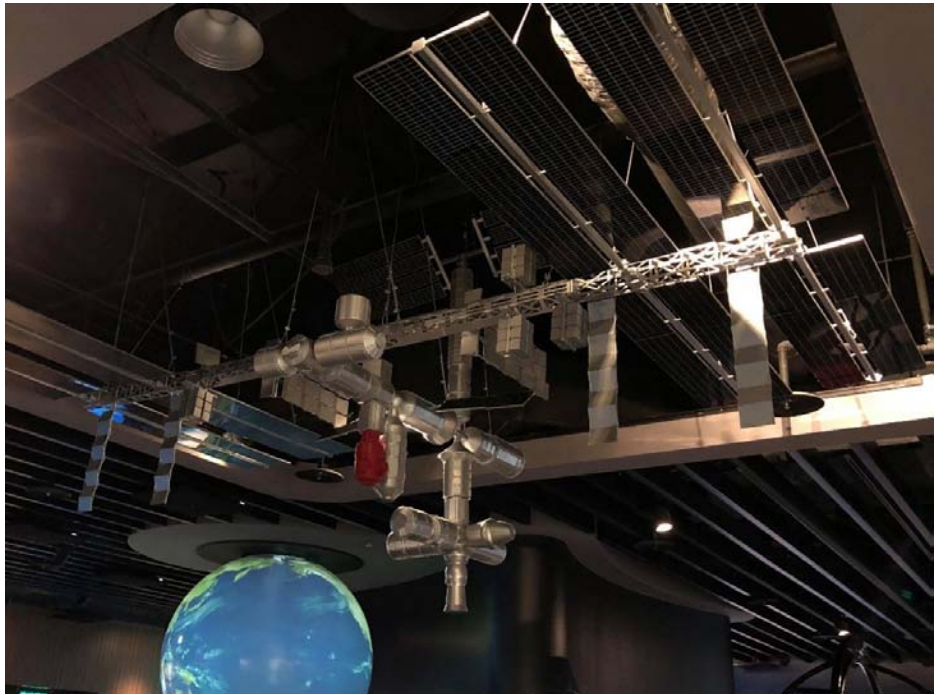
國際太空站是人類離地最遠的家，擁有獨特的微重力與太空環境。太空站由不同功能的模組艙組成，各模組艙就像樂高一樣，太空人會在機械手臂的協助下進行組裝，模組化讓組成更彈性、擴充更容易。1998年太空站的第一塊模組——曙光號（Zarya）控制艙，由質子火箭運載升空，太空站有了基本的運作功能，兩周後奮進號太空梭帶來團結號（Unity）節點艙，之後的兩年間太空梭陸續帶來其他模組。第一批太空組員在2000年11月抵達，太空站約在2011年完工。



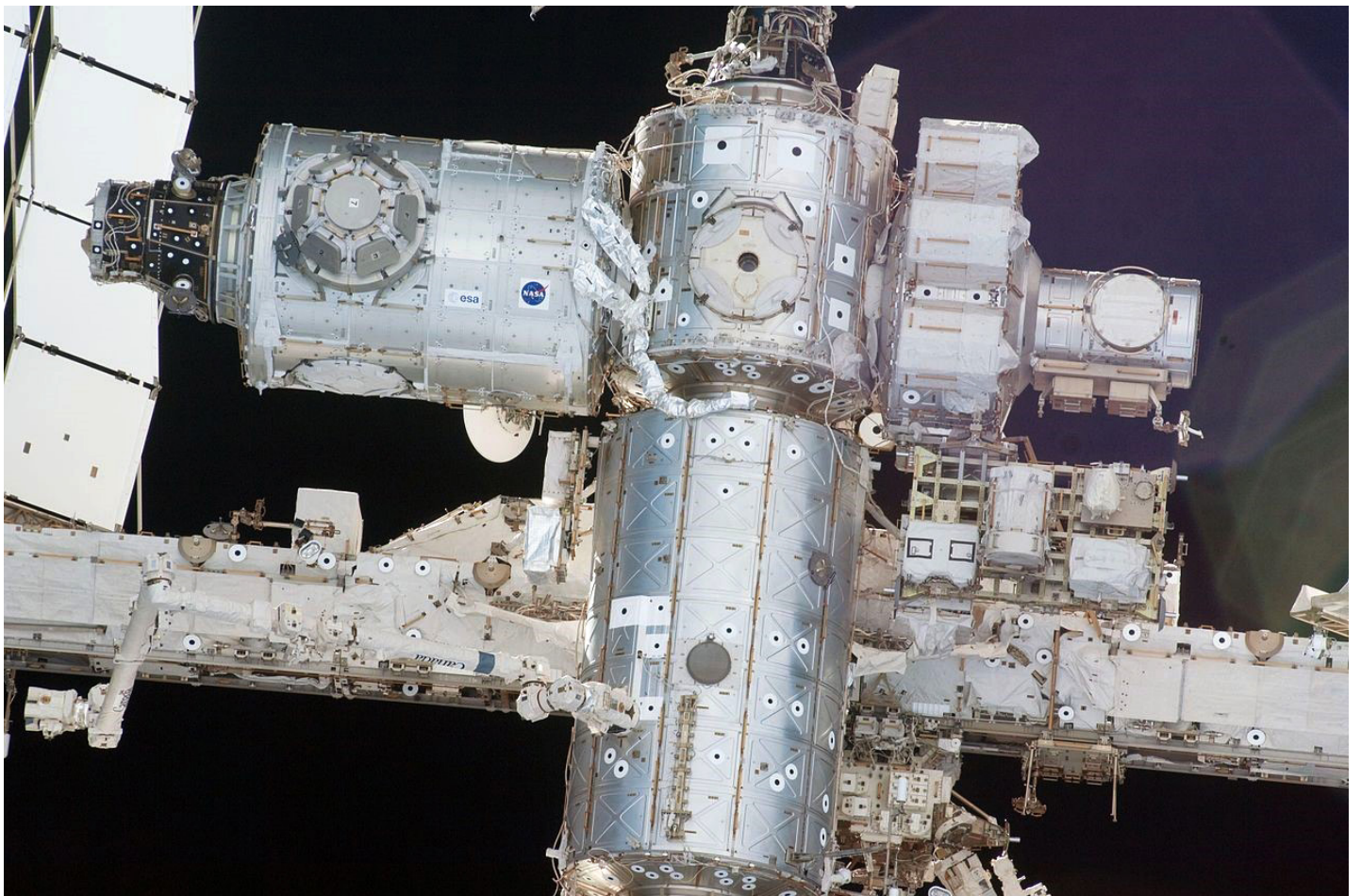
天文館展示場一樓，國際太空站的寧靜號節點艙的模型內藏玄機。

太空站在離地約400公里（傾角51.6度）的軌道上，由西向東繞行，繞行一周約需93分鐘，因此每天可見到15~16個日出與日落，而每天繞轉的距離總和相當於來回月球一趟。太空站約美式足球場大（包括達陣區），體積相當於兩架波音747，可容納6位組員及數位訪客，搭太空梭約需6小時（最快約3小時）才能抵達。

太空人可以在加壓艙室自由移動，包括曙光號功能貨艙、星辰號服務艙、實驗室和連結各模組的節點艙…等。供應電力的太陽能板向兩側延伸，白面板面會追蹤太陽來獲得更多電力，而夜晚時板面會平行地面以降低阻



展示場內國際太空站模型，標記紅色的為寧靜號節點艙。



自太空站下方拍攝，圖片左側可以見到寧靜號節點艙與穹頂艙、中間與寧靜號相連的是團結號節點艙、其右是尋求號氣密艙、下方為命運號實驗艙、橫向的為桁架與Canadarm2機械手臂。

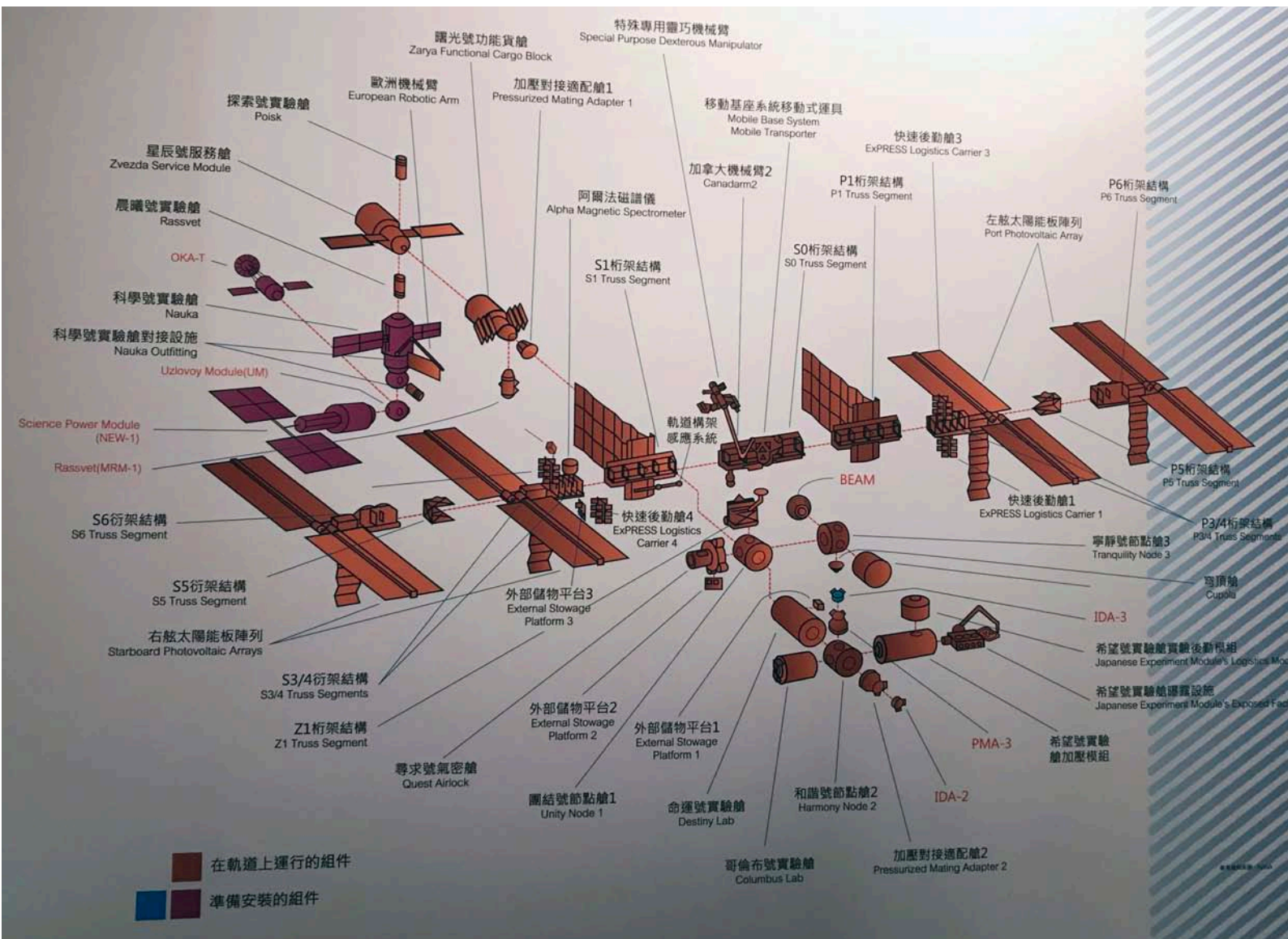
力。太陽能板藉由前後延伸的桁架與太空站連結，而在桁架上還有散熱板、冷確劑（氨）循環管線與移動基座系統。移動基座系統幫助機械手臂在桁架上移動，並為其提供電力和傳輸資料及影像。可在桁架上移動的機械手臂有二，其中 Canadarm2 機械手臂可以移動、組裝太空站或協助太空漫步的太空人移動。而 Dextre 則如同多功能機器人，擁有靈活的關節、配備工具與相機，可由地

面控制中心操作進行日常維護與維修工作，減少太空漫步次數。太空站上也有暴露於太空環境的艙外實驗室，進行地球遙測、材料測試等。

阿爾法磁譜儀為粒子物理實驗設施，用來蒐集和分析宇宙射線，除宇宙射線來源外、也尋找暗物質、反物質存在的證據以對宇宙有更多了解，是由丁肇中博士主持的國際合作計畫。

國際太空站詳細結構請參

考下方圖片，以下稍微介紹部分加壓艙室。首先是俄羅斯營運（ROS）部分的太空站：Zarya 曙光號功能貨艙，組裝初期提供電力、推進、高度控制等功能，目前是儲藏空間。星辰號（Zvezda）服務艙，是中央指揮所，具有飛行控制、推進器（維持高度）、通訊系統、維生設施（產生氧氣、去除二氧化碳等）、提供電力。緊急狀況時組員會在此集合處理。接送太空人的聯合號太空船與補充物資的進步號太空船



國際太空站結構圖

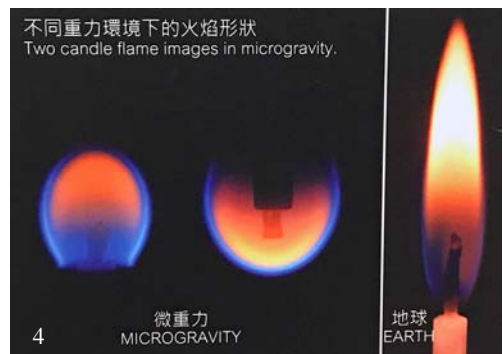
可在此停泊。另一側為美國與歐洲、加拿大、日本所營運的部分（USOs），首先介紹有多個對接口以連接其他模組的節點艙。團結號節點艙是太空人一起吃飯和儲存食物的地方，和諧號節點艙，連接命運號、哥倫布號和希望號實驗室與載貨太空船，並將來自桁架的資源如空氣、電力、水等分散到相連的實驗室，這裡有四個可讓太空人睡覺、休息的空間。寧靜號節點艙，除了淨化與監測空氣、製造氧氣、淨化水質外，還有廁所及運動設備。穹頂艙，除了可觀測地球外也是操作機械手臂的工作站。尋求號氣密艙是通往太空的出口、太空人在此為艙外活動進行準備，而Bishop氣密艙，是由商業贊助設立，用於釋放立方衛星等小衛星。命運號實驗艙，研究微重力下的物理現象及太空種植，另有觀測地球的窗口可用來研究地貌變化。哥倫布號實驗艙，進行生物實驗、研究流體性質等，並監測太空人身體狀況以了解太空環境對人體的影響。希望號實驗艙，內部實驗室研究流體物理、溶液結晶、蛋白質結晶等，而艙外實驗平臺有X射線望遠鏡、地球遙測、宇宙射線探測器等。

太空實驗

自由漂浮的太空人令人印象深刻，會如此不是因為離地球太遠引力微弱（太空站受到的地心引力約是地表的90%），而是太空人與太空站都在自由落體狀態。就像水平拋出的棒球，在往前飛的同時也因引力往下掉，太空站因移動速度與重力配合的剛好，使太空站與太空人持續繞著地球轉。

在太空中進行實驗，控制重力這個變因，可幫助科學家了解重力外的其他作用力的影響。例如微重力環境中的水滴因表面張力而呈球狀，如凸透鏡般使遠方太空人呈現倒立縮小的影像（如右圖1）。仔細看右圖2葉上的水珠內有氣泡，由於水和空氣都沒有重量，氣泡不會因為較輕而浮出水面。如右圖3，在微重力環境，水分子與物品間的作用力變得更明顯，毛巾和手上的水看來充滿黏性，利用這個特性，太空食物也常用液體來當黏著劑。

燃燒現象在微重力環境與地球上不同，如右圖4的燭火。在地球上點燃蠟燭，燭芯的蠟油受熱汽化後會與氧氣結合，產生水、二氧化碳和煙。熱空氣會因較輕而上升，順勢帶走燃燒的產物，下方冷空氣隨後流入補充新鮮氧氣。生活中向上延伸、時而搖曳的燭火與熱對流有關。而太空中空氣不論冷熱都感受不到重量，因此沒有熱對流使燭火呈球狀。太空中沒有對流，新鮮的氧氣和燃燒的產物藉由擴散（濃度高往濃度低移動）來交換。火焰外的氧氣往火焰靠近，燃燒發生在火焰表面，但因擴散效率差火焰較小。



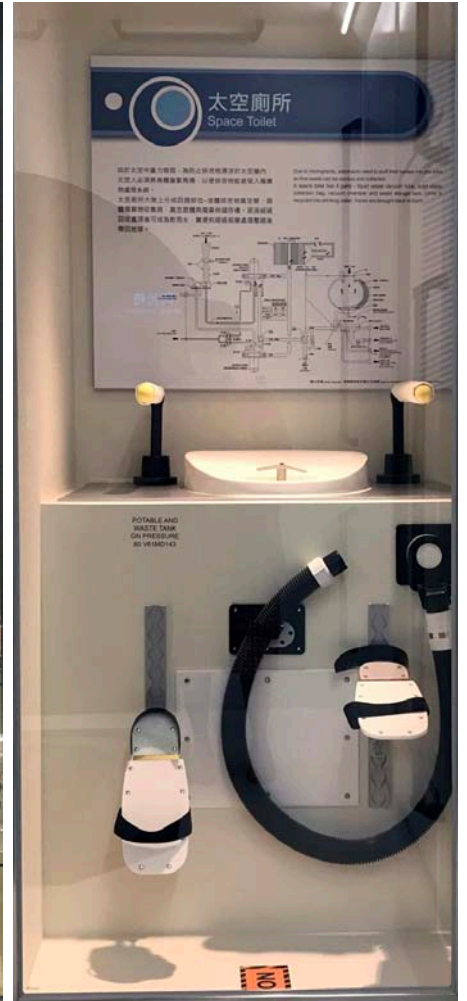
展項中「燃燒現象」影片裡可見到冷火焰，燃料滴持續燃燒著，但火焰卻在點火不久後消失。消失的火焰是因為溫度較低（約攝氏200~500度，一般火焰約1,200~1,700度）而看不見，燃燒產物也變成一氧化碳和甲醛。冷火焰在地表上會瞬間熄滅，而在太空站約可持續1分鐘。了解冷火焰，可以幫助科學家設計更無污染的引擎點火方式。

上頁照片最後一張裡是太空站的第一朵花（百日菊）與展場櫥窗中萵苣，吸引大家的目光。在太空站種植物，除了了解植物生長機制，如在沒有上、下之分的微重力環境，根朝光源的反方向生長。太空種植技術，對長期的太空旅行也很重要（如單趟的火星旅程約需9個月），除能攜帶的食物有限與補給不易外，部分維生素也無法長期保存，會對健康造成影響。太空種植實驗 Veggie，採用特殊設計的基質，讓水、空氣及養分均衡的分佈在根周圍。因太空中水（空氣）會聚集成水珠（氣泡），根要麼淹沒在水裡，要麼被空氣吞沒。為節省能源使用紅藍色LED作為光源（植物反射綠光），使實驗室看來呈現紫紅色。植物除了提供營養與維他命外，綠意盎然的植物讓人想起地球，有助於心理健康。

科學家也觀察蜘蛛如何在微重力環境結網，雖然頭幾日網較雜亂，適應後網就和地表上一樣有秩序。在太空中長出的蛋白質結晶較大、品質較好，能揭露關鍵蛋白質的結構細節與預測新藥的表現，幫助癌症和肌肉萎縮症



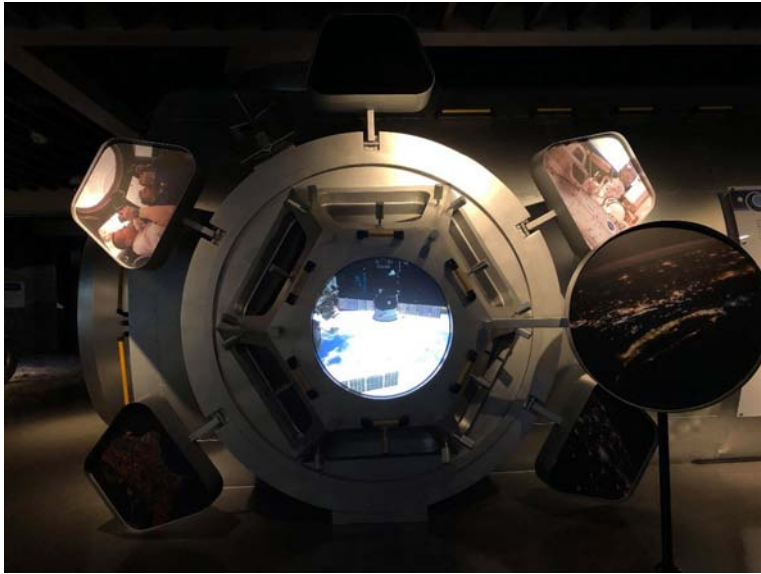
太空食物



太空馬桶



太空人的食衣住行，在太空也要運動才能維持健康



穹頂艙，右上規格上顯示的是其外觀，中央螢幕播放的是穹頂艙看出去的景象（可見到機械手臂、太空梭、以及地球上的夜景極光等）。

等疾病找到更好的治療方法。太空實驗可提升地球上人類生活的福祉。

太空生活

每次太空任務約6個月，太空人一週工作五日，每日工時約12小時，週六是清掃日，每日皆需運動2小時。太空站中使用格林威治標準時間。

模擬寧靜號的太空艙展示著太空食物，早期食物裝在牙膏狀的鋁管中，目前太空食物多採真空包裝，並經過熱處理或脫水以延長保存，食用前加水還原即

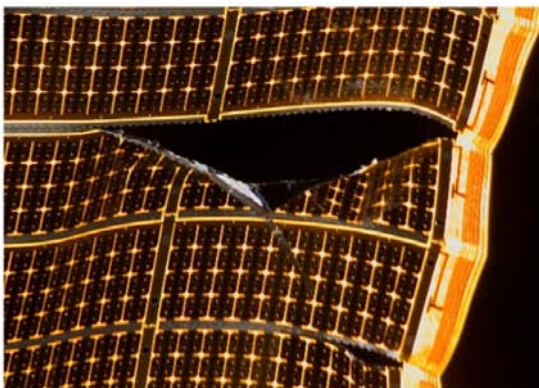
可。由於有來自各國的太空人，食物也越來越多元（例如日本、韓國料理）。太空中因味覺改變，辛辣的食物特別受歡迎。太空站內的物體因失重而漂浮，因此包裝上都有魔鬼氈固定，而餐具則用磁鐵固定。用來喝飲料或水的吸管也裝有開關，以防止液體飄出。有碎屑的食物，因容易飄到太空人的眼、鼻中或卡在儀器和通風口，因此不能列入清單或需做成液狀（如鹽和胡椒），水在太空食物中扮演黏著劑，幾乎所有食物裡都有加一些。想念三明治的話，沒碎屑、方便堆疊打包且保存期長達一年的墨西哥餅成為極佳的替代品。太空人會

在團結號節點艙一起用餐，這對心理健康和團隊士氣都很重要。

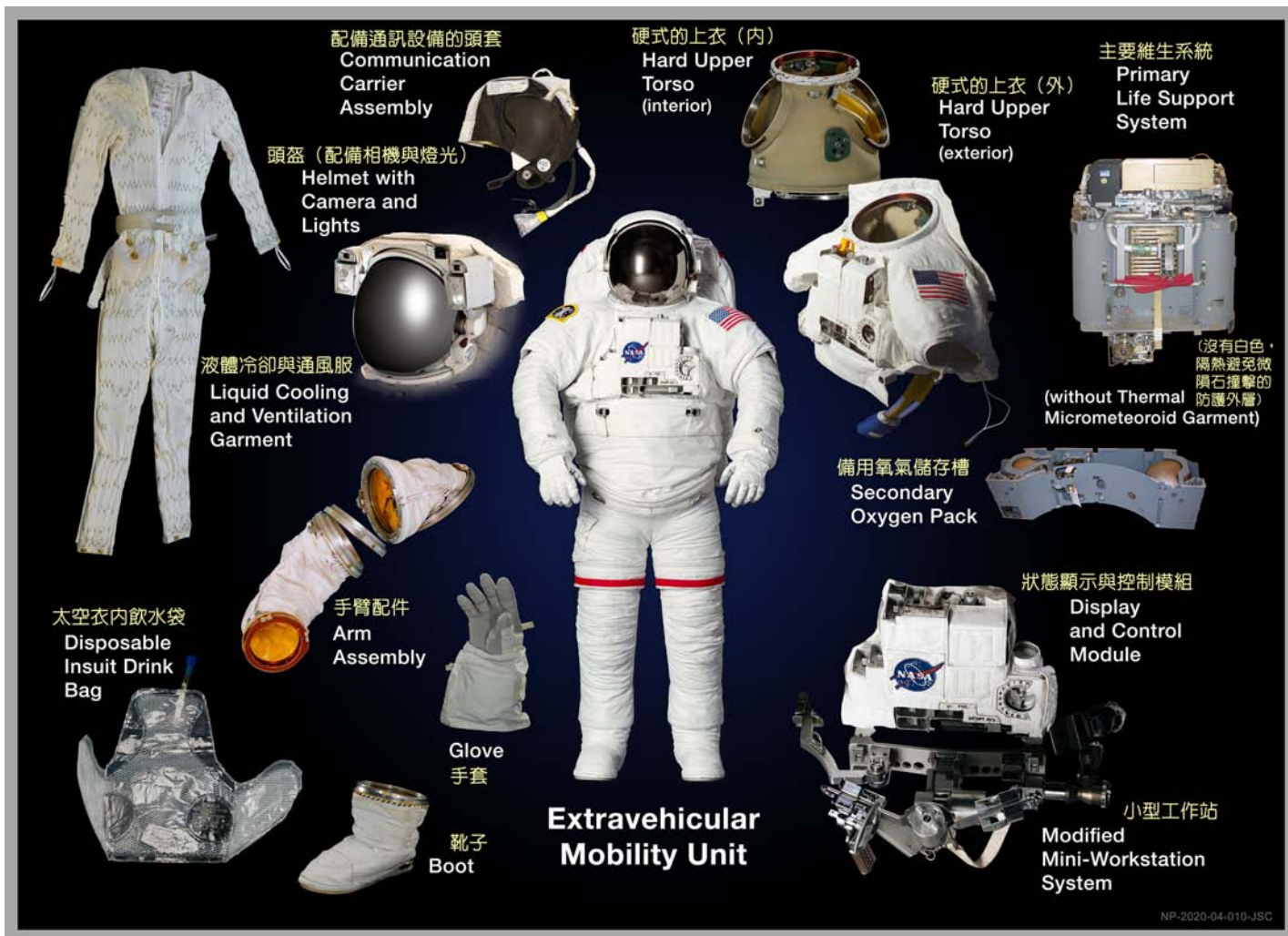
太空站中因感受不到重力，血液和水會集中在上半身（臉較浮腫），身體會調節降低心臟輸出的壓力和減少血液（剛返回地球的太空人常因此有低血壓的狀況）。腿、背的肌肉與骨密度皆因不需撐住體重而減少，為此太空人每日皆需運動2小時以維持健康。寧靜號節點艙中有跑步機（用彈力帶將人固定在機器上）和阻抗機器，而各運動器材上都有減震機制，避免影響實驗進行。

太空中沒有上下左右之分，在和諧號節點艙各方向上皆有獨立的小空間供太空人休息。睡覺時身體要用睡袋固定，以防漂浮、手腳撞到東西。在太空中睡覺除了要適應失重環境與機械聲音外，偶爾還會見到宇宙射線與視神經或視網膜作用產生的閃光。

太空中要如何維持清潔呢？太空人用免沖洗的沐浴產品或擦拭的方式清潔身體，除了水很珍貴外，要抓住四處飄散的水滴需耗費一番功夫。櫥窗內展示的是太



左：太陽能板撕裂處的特寫，中：太空人站在機械臂上靠近損壞處，右：接近撕裂處進行修復。



空馬桶，馬桶開口約4公分（瞄準也是訓練項目），坐墊兩側的白色橫桿用來固定大腿，而前方水管裝上漏斗後是上小號的地方，兩者分別導向不同的蒐集處。太空馬桶依靠氣流（如同吸塵器）來「沖水」。在太空站中昨日的廢水就是今日的咖啡，珍貴的水需要不斷循環利用（回收率約93%），擦澡的毛巾、運動的汗水甚至尿液，都在回收淨化後循環使用。

寧靜號節點艙旁是穹頂艙，是太空站上最方便觀察地球的地方（太空站經過約90%地球表面），約可容納2位太空人，2個梯形側窗與中央的玻璃觀景窗，

除了方便操作機械手臂，也提供觀察地球的絕佳視野。影片中可見到由穹頂艙拍攝的極光、星點、夜晚城市的燈光等。外側打開的防護窗可避免流星體撞擊，左上角是方便機械手臂抓握的接環。

太空漫步

寧靜號節點艙背後展示的是，太空漫步時穿著的太空衣（EMU），太空衣像是單人太空船，除具備維生系統、通訊與移動能力，還可抵擋沙塵（沙塵速度約7公里/秒，比子彈速度快上數倍）撞擊、太陽輻射和極端的溫差（面對太陽時約120度，背對時約-160

度）。太空漫步通常持續5~8小時，太空人藉此組裝、維修太空站或裝設實驗儀器、太空船等，還曾維修過哈伯太空望遠鏡。

太空衣結構可參考附圖。最內層的是冷卻服，由萊卡布料和約90公尺長的管線組成，利用水帶走活動產生的熱量而通風可帶走汗水。硬式的上衣用來連接背後的維生系統（包含水及氧氣的循環管線）、前方的控制模組、頭盔、手臂與下身。白色的軟質防護衣由多層結構組成，底層可包住氧氣並提供適當氣壓，而上方約束層則將氧氣包圍靠近身體。中間是由潛水衣材質及6層鍍鋁聚脂樹脂組成的隔

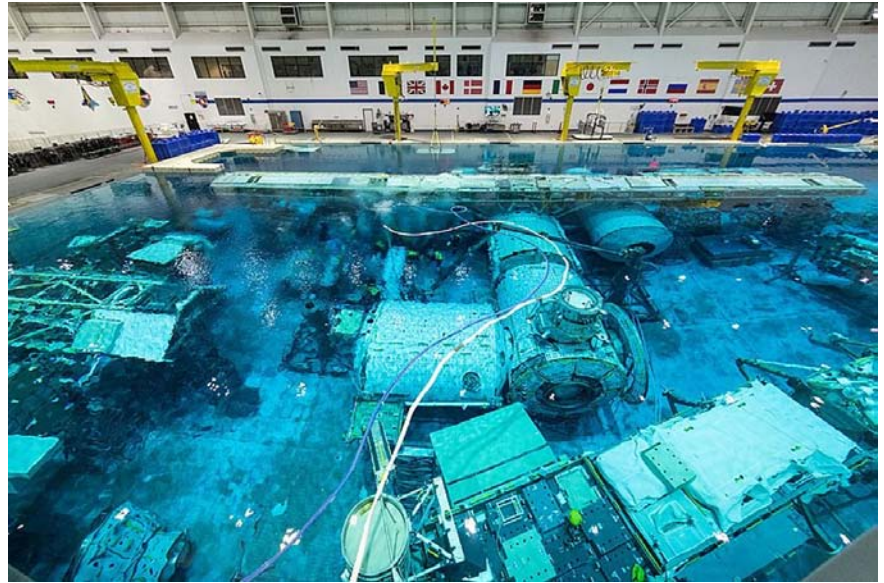
熱層，用來抵擋太空中極端的溫度。外層是由防水、防彈、防火的三種材料混紡而成，可抵擋微隕石撞擊，而白色可反射較多陽光降低溫度。

太空衣後方背包狀的是維生系統，可提供氧氣、維持壓力、吸附二氧化碳、提供循環冷卻水、利用風扇帶動氧氣循環，提供電力以及維持與地面和太空站的通訊等。顯示與控制模組，是太空衣的控制面板，鏡像標示方便太空人用手腕上的鏡子讀取。頭盔裡的通風襯墊引導氧氣到頭盔內（防止二氧化碳聚集），透明的塑膠氣泡包住氧氣。外層是遮陽面罩，鍍金的面罩可濾掉有害有害光線、抵擋溫度變化和灰塵撞擊。配備通訊設備的頭套，可用來溝通、並聽到各種警告。頭盔上的燈是必需品，大約每45分鐘就會在黑暗中度過。太空人除了利用安全繫繩防止漂走，還有用小型氮氣噴射推進器SAFER（Simplified Aid For EVA Rescue）來移動回太空站。

為讓太空人可以靈活工作，太空衣內的氣壓約是0.29大氣壓，而太空站內壓力則與地球相同。為了避免太空人在壓力快速轉換時，產生潛水夫病，在進行太空漫步前會呼吸純氧去除氮氣，並慢慢降低環境壓力。

太空碎片

今年五月在加拿大機械臂上發現破洞，幸好沒有影響操作。地球附近有許多碎片，有些是火箭與人造衛星的碎片，有些則是來自彗星和小行星的微隕石。有越來越多



NASA的中性浮力實驗室，泳池底有國際太空站的模型太空人會接收任務中心指令操作，每1小時太空漫步約需7小時訓練。訓練用太空衣經過配重調整，讓著裝太空人的浮力與重量相當（中性浮力），模擬外太空的失重環境。

衛星（星鏈衛星、立方衛星等）發射到地球軌道，不免讓人擔心如電影「地心引力」中引發一連串災難的太空碎片。太空站較重要的模組可以抵擋小於1公分的碎片，美國的太空監測網持續追蹤2.3萬個比壘球大的碎片，需要時太空站會移動來避開碎片並請太空人撤離到聯盟號（Soyuz）太空船上。

國際太空站是人類太空探索

的第一步，在此學到的經驗都將成為未來重返月球（阿提米絲計畫）或是火星任務的基石。在太空站做的實驗，除了幫助科學家進一步了解各種現象，各種前沿的科技也使地球上的人們受益。

參考資料：https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/index.html

陳姝蓉：臺北市立天文科學教育館

YouTube相關影片：



ISS - International Space Station - Inside ISS - Tour - Q&A - HD

https://www.youtube.com/watch?v=06-Xm3_Ze1o



若有超大隕石可能擊中國際太空站時，該怎麼辦!?

<https://www.youtube.com/watch?v=9C0f7oVmSV4>