

淺談太空科技發展

章順慧

國立臺灣師範大學 工業科技教育系

前言

浩瀚無垠的宇宙，常是文人筆下所歌頌的對象，也是一般人曾夢想窺探的神秘世界。根據歷史記載，早在三千多年前，就有印度人想像到月球旅行的傳說；一千年前，中國的唐玄宗曾做過一個登月旅行的夢；而日本的「竹取物語」一書也記錄了登月的神話（謝世輝，民80）。由此可見，當時的人類對宇宙一直抱持著無限的憧憬。而隨著科技進步，讓自古以來想飛上天空，一窺天上繁星的人類，終於逐一實現這些美麗的神話與傳說，並進而揭開了太空的神秘面紗。

目前，最廣為人熟知的太空旅行方式是乘坐「太空梭」，許多太空人已藉著它進入過太空。在NASA（National Aeronautics and Space Administration，即「美國國家航空暨太空總署」）一旦被選為候補太空人，就得接受為期一年的太空人訓練過程；若幸運通過太空人考試，並決定接受飛行任務後，還必須再接受長達三百小時的特殊訓練，所以現階段並非人人有機會上太空（太空旅行的科技，民86）。然而，從火箭的發明、太空梭的出現，到國際太空站的建立，在在顯示出太空科技的迅速發展正帶領著人類一步步飛出地球，奔向太空；或許在本世紀，太空旅行將不再是太空人的專利，而是人人都能參加的。以下就一一來介紹這些相關的太空科技發展。

壹、火箭

火箭發展的歷史可上溯至七世紀時由中國人所發明的火藥，它是一種由硫磺、鉀、硝酸鹽和木炭所合成的易爆性混合物。起初只是用來製造爆竹及煙火，後來卻成為火箭推進劑達六百年之久。北宋時，中國人開始將火藥應用於軍事用途；之後，便發明出真正的火箭——就是一段只有末端開口用以填塞火藥的竹管；接著，又發現在火箭上加裝翅膀可使火箭飛行得更平穩。爾後，歷經長期的改進，火箭變得更具威力——原先的竹管被金屬封殼取代，火藥則被更具效率的固態推進劑代替，並加入了噴嘴用來增加推力等（國立科學工藝博物館，民88）。但僅只

這樣，是無法飛出大氣層的；於是在西元1926年，美國人Robert Hutchings Goddard（後人稱之為「火箭之父」）發明出液態燃料火箭（如圖1），隨即又有科學家發現操控火箭的方法，這些進展，一步步將太空飛行的夢想推向真實的境地。二次大戰期間，德國人Wernher Von Braun製造出以火箭為推力的V2飛彈（如圖2），其速度超過音速的五倍，此項技術於戰爭結束後，被美國及當時的蘇聯運用在太空開發的領域。西元1957年，蘇聯首先成功地利用火箭將第一枚人造衛星射入地球軌道，從此太空時代便正式到來。

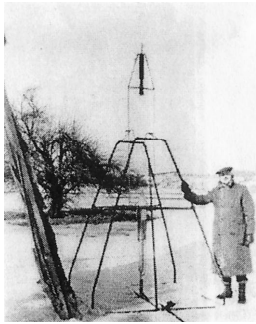


圖 1 Goddard 與他所設計的液態燃料火箭
資料來源：<http://www.nasm.edu/nasm/dsh/artifacts/RM-RHG1926.htm>

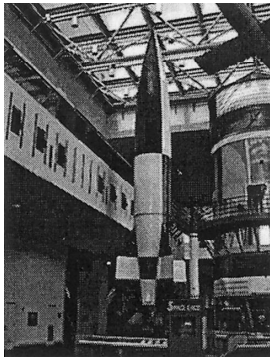


圖 2 V-2 飛彈

資料來源：<http://www.nasm.edu/nasm/dsh/artifacts/RM-V2.htm>

火箭之所以能升空飛行，就是利用牛頓運動定律中的「作用力與反作用力」原理——亦即將引擎內之燃料燃燒後所產生的高壓氣體，經由噴嘴快速噴出，來使火箭運動。其中「作用力」是把氣體向外噴出，而「反作用力」便使得火箭向前推進。其動力來源是利用氧來燃燒燃料，然而太空中並沒有空氣，故火箭必須攜帶燃料與氧化劑一起上太空。通常，燃料又可分為「固態燃料」與「液態燃料」；固態燃料與氧化劑混合後便稱為「固態推進劑」，利用此種燃料推進之火箭即為「固態推進劑火箭」。其構造十分簡單，雖然產生的能量較少，但固態燃料裝箱後能保存許多年，這是其他燃料所不及的；但是，一旦

燃燒起來，就不能讓它熄滅再點火，這也是它最大的缺點（探空火箭，民 84）。使用液態燃料的火箭稱為「液態推進劑火箭」，其構造比較複雜，包含有幫浦、管路和閥門等，能將液態燃料和氧化劑混合後送入燃燒室燃燒。至於噴嘴則是用來增加推力的，其外形像一個向下的漏斗，能加速氣體釋放之速度，增加火箭向前的推力；加上它又可藉由調整燃料之流量來控制速度，故液態推進劑火箭比固態推進劑火箭更具威力（國立科學工藝博物館，民 88）。不過，基於價格考量以及顧慮到可靠性，現在一般還是使用「固態推進劑火箭」做為太空梭的推進器。

一般來說，火箭又有單節火箭和多節火箭之分。基本上，單節火箭因僅有一節，不能在飛行時拋棄多餘的結構體，故它無法達到夠快的速度以進入較高的軌道；至於多節火箭則是由好幾個部分或好幾節所組成，每節都有推進劑，燃燒完一節就扔掉一節，這樣火箭可以越飛越輕，速度也越來越快，故多節火箭最後能讓末節本體脫離地球而進入預定的太空軌道（國立科學工藝博物館，民 88）。而發射人造衛星或推進太空船的火箭，便是使用此種多節火箭；升空時是由最下面的一節先發動，此時它是垂直地面向上的。由於尚在大氣層中飛行，故速度不能太快，否則易因與大氣層急劇摩擦，產生出大量熱能，使火箭遭到焚燒的命運。等第一節火箭的燃料差不多耗盡後，第二節火箭便開始發動了，這時它所噴出的氣體，便會將第一節火箭的殼彈開，被彈開的殼就藉著降落傘降落到地面。第二節火箭是採傾斜角度的

路線飛行；由於它已離開大氣層，不必考慮摩擦的問題，故其飛行速度是最快的。當它燃料耗盡後，第三節火箭並不馬上起動，而是利用第二節火箭之飛行慣性，繼續「滑翔」一段時間，等第二節火箭的滑翔方向與地球面平行了，它才開始發動（太空探測，民 85）；接著，火箭本體或所攜帶的人造衛星等也就順利進入軌道了。

多節火箭除採頭尾銜接外，也可裝配成一山字形——即在主火箭的旁邊並排裝著兩個小火箭。這種結構雖然在製造技術和燃料方面比較容易解決，但最大缺點是操縱困難，若小火箭彼此間的推力不相等，那麼飛行時火箭就會改變方向，以致脫離或偏離原定的航行路線。通常，火箭只有第一節有定向舵，因為它發動時還在大氣層裏，需要使用到定向舵；但當第二、三節火箭發動時，由於已在空氣稀薄的高空甚至太空，定向舵便起不了作用。況且若第二、三節火箭也裝定向舵，勢必會加大大氣對火箭之阻力，故除了第一節火箭有不大的定向舵外，後面各節火箭都沒有定向舵（太空探測，民 85）。那麼，缺少定向舵的火箭要如何控制飛行方向呢？事實上，它是利用轉動的輔助噴氣口來控制或改變方向。基本上，火箭底部的中央除了一個主噴氣口外，其周圍尚有幾個輔助噴氣口，藉著轉動輔助噴氣口便能改變噴氣方向，進而控制火箭飛行。

目前所使用的火箭引擎，不管燃料是固態推進劑還是液態推進劑，都屬於「化學火箭引擎」，雖然能產生強大推力，但卻不適合長時間連續運轉。為了彌補此項缺點，改

良式引擎便出現了，現已進入應用階段的有「離子引擎」（如圖 3）與「雙離子引擎」。前者是將 Xenon 氣體用電力離子化，於加速後噴射之引擎（如圖 4）；後者則是將推進劑氣體經放電作用變成雙離子氣體，然後再用磁力加速噴射之引擎（探空火箭，民 84）。據報載，離子引擎是目前最被看好的未來動力來源，它的燃料重量僅為傳統化學引擎的十分之一，但產生的動力卻能達數個月甚至數年之久。1999 年 4 月 6 日 NASA 曾宣佈將在二十一世紀大量採用離子推動引擎，這種引擎現正在「Deep Space 1」太空船上測試，並且獲得證實其效率是傳統引擎的十倍以上，將來不管是用在遠程太空任務，或是增加人造衛星使用年限，都有很大的幫助。

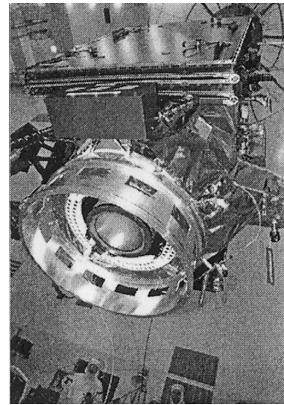


圖 3 離子引擎

資料來源：<http://www.jpl.nasa.gov/picture-solar/ds1ion.html>

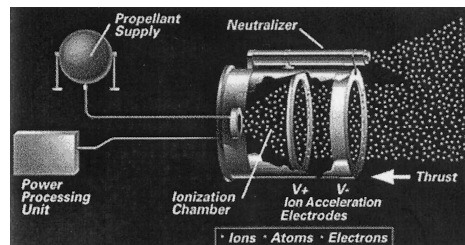


圖 4 離子引擎運作圖

資料來源：<http://www.hughespace.com/factsheets/xips/xips.html>

貳、太空梭

太空飛行的前二十年，用來作為動力的火箭發射推進器都是消耗品，也就是說它們只能被使用一次。例如：西元 1969 年將阿姆斯壯等人所乘坐的阿波羅 11 號（Apollo 11）送上月球的農神 5 號（Saturn V）火箭，全長一百一十一公尺，總重量將近三千噸，體型相當地龐大（如圖 5、圖 6）；然而，最後將三位太空人載回地球的指揮艙，卻僅高三點九公尺，重不及六噸，至於其他的部分早已在登月途中丟棄。事實上，這是一種非常不經濟的作法，因此，為了讓往後能進行經常性的太空之旅，發展一套能回收再利用的運輸系統是必然的趨勢。於是當阿波羅計畫尚在進行時，美國工程師就已開始研發另一種有機翼的太空船，不僅能進入太空還能像飛機一樣地返航、著陸，而「太空梭」就在這種情形下誕生了（太空運輸，民 78）。1970 年代它首次登場時還只是一具沒有動力的原型機（名為「Enterprise」），當時是架在波音 747-123 型客機的背上發射（如圖 7）；五次不載人的測試飛行中，它均能由高空滑翔至地面跑道，經大氣層安全地返航。西元 1981 年 4 月 12 日，由 John Young 與 Robert Crippen 駕駛的哥倫比亞號（Columbia）太空梭，進行首次的太空飛行（如圖 8）；經過五十四小時，繞了地球三十六圈後，最後成功地降落在加州的愛德華空軍基地（Edwardes Air Force Base），這項突破性的發展，使人類的太空研究又向前邁出了一大步。

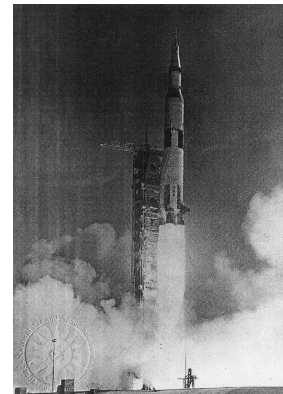
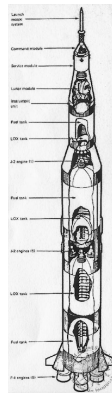


圖 5 Saturn V 的構造圖

圖 6 Saturn V 發射升空

資料來源：<http://www.nasm.edu/galleries/gal114/SpaceRace/sec300/sec380.htm>

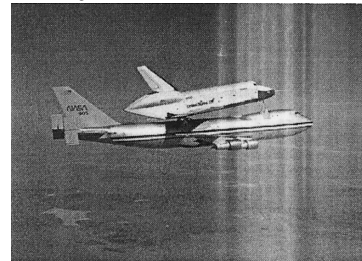


圖 7 架在波音 747 上的太空梭原型機

資料來源：<http://quest.arc.nasa.gov/space/photos/index-shuttle.html>

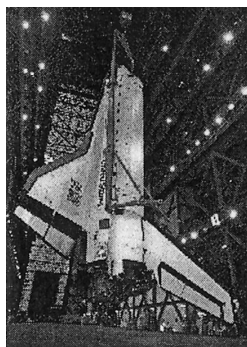


圖 8 1981 年 Columbia 升空首航

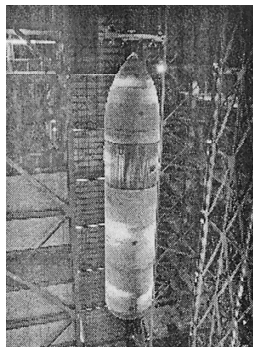
資料來源：<http://www.nasm.edu/ceps/rpif/SSPR.html>

基本上，太空梭是由三部分所組成，即軌道船（The Orbiter，又可稱 Space Shuttle）、外部燃料槽（External Tank；ET）和固態火箭推進器（Solid Rocket Boosters；SRBs）

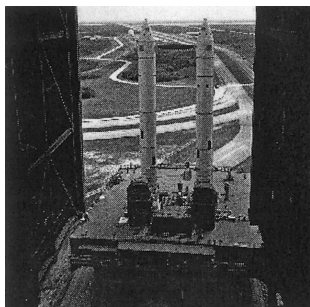
(如圖 9)。其中，軌道船是太空梭系統中最關鍵的部分，它的外形像一架有三角翼的飛機，大小與中型班機差不多，是附著在一個供給它引擎燃料的外部燃料槽上，利用本身三個主引擎和兩枚外加的固態火箭推進器進入太空。其前端的機身可容納最多八名太空人，而後面巨大的貨艙則可用來裝載所需的負荷物，如人造衛星…等。至於尾端，除了三具主引擎外，尚有兩具軌道控制系統 (Orbital Maneuvering System ; OMS) 引擎；OMS 引擎是用來將軌道船帶入軌道，或是重返地球時用來降低軌道船速度的。此外，為使太空梭能改變其在太空中的位置與高度，尾端另帶有幾組反應控制系統 (Reaction Control System ; RCS) 用的推進器 (運輸的奇蹟，民 84)。



The Orbiter



External Tank



0Solid Rocket Boosters

圖 9 組成太空梭的三主體

資料來源：<http://quest.arc.nasa.gov/space/background/shuttle-prep.html>

通常，太空梭發射後，固態火箭推進器便會在起飛後兩分鐘因燃料用盡而脫離，此時，它可藉著裝附其上的降落傘降落到海上，並由回收船拖回岸上再運回太空中心，以備下次使用。接著，飛行一段時間後，外部燃料槽也因燃料用盡被拋棄，但它並不回收，而是在掉入地球大氣層的過程中被燒毀；最後，進入軌道的便只剩下軌道船。在太空中的軌道船這時會開始執行任務，等任務完成後，軌道船採「橫向式」迴轉，同時點燃 OMS 引擎做減速下降；進入濃厚的大氣層後，由於已無燃料，便採 S 形滑翔方式降落至跑道；接著，再由一架經特殊改裝的波音飛機將它運送回「甘迺迪太空中心」(Kennedy Space Center)，以便下次的任務。事實上，軌道船在重返大氣層的途中會因摩擦產生高熱，故其機身必須覆有隔熱裝置，亦即表面會蓋著三萬多塊由人工黏貼並具有隔熱功用之陶片，其中每一塊都是根據它在機身的不同位置裁製而成的，如此就能保護軌道船使其不致燒毀。

其實，太空梭的設計原先是作為商業與軍事用途的人造衛星發射系統，現在則常用來發射太空探測器或作為科學實驗室。一般而言，發射方式可採彈射，或是藉由一具擁有遙控自動操縱系統的特殊機械手臂將它們放到軌道上的正確位置；然而，若軌道太遙遠，還必須用特殊的輔助推進器把它們送上新位置。當然，除了將物體放入軌道外，也可以利用機器手臂直接進行修復(如圖 10)，或收回故障的人造衛星等帶回地球，修理完後再把它們重新發射。另外，太空梭上的太

空人也會在軌道完成一些實驗，尤其當太空梭運載名叫「太空實驗室」(Spacelab) 的科學實驗室時，則有許多科學工作必須完成 (如圖 11) (運輸的奇蹟，民 84)。

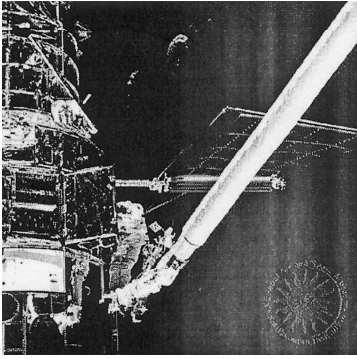


圖 10 利用機械手臂進行修復工作

資料來源：<http://www.nasm.edu/galleries/gal114/SpaceRace/sec500/sec560.htm>

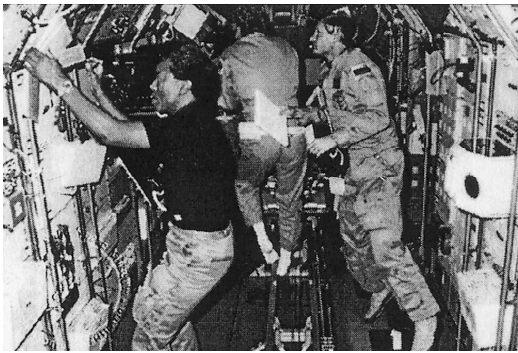
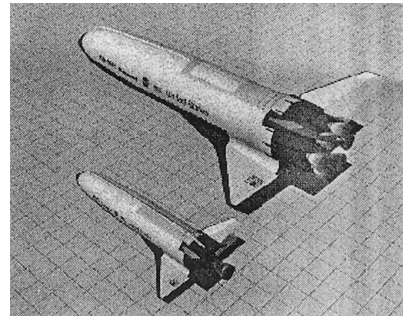


圖 11 科學家在太空實驗室工作之情形

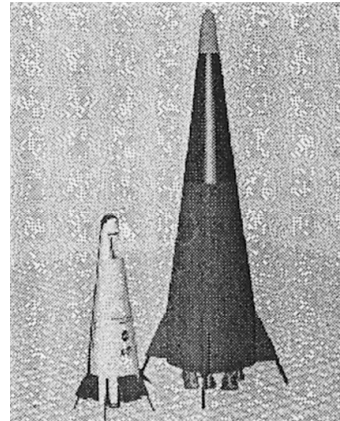
資料來源：<http://www.nasm.edu/galleries/gal114/SpaceRace/sec500/sec540.htm>

由於現有太空梭機體使用年限將屆，NASA 正在尋求第二代太空梭的設計；第二代太空梭的規格要求與現有太空梭類似，是一個以火箭發射為基礎，可反覆使用的單節式太空往返機。目前正進行的 RLV (Reusable Launch Vehicle) 研發，便是預計取代現有太空梭的下一代太空運輸系統。它是由 NASA、美國空軍和民間企業所共同計畫的，自西元 1993 年起開始進行研究，其首要

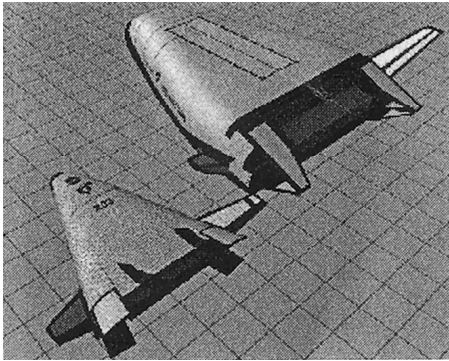
目的是希望減低太空運輸成本，期望能達到像飛機般的運用程度，並將地上工作人員減至最少，進而簡化整個運作流程。RLV 不像太空船或太空梭是用於軌道的實驗與觀測，它僅用於太空站的往返作業，所以被認為是一種新的太空運輸方法。此計畫是由「DC-XA」、「X-34」、「X-33」三個實驗機計畫所構成，其中「X-33」計畫是整個計畫的核心；它的目的是要試驗 RLV 開發時所需的各種科技，以及其實際應用的可能性與有效性 (新型太空運輸系統，民 86)。目前這項計畫由 Rockwell、McDonnell Douglas、Lockheed 等三家公司所各自成立的小組在進行機體概念的檢討與測試，希望能藉此取得關於構造設計上的問題以及飛行力學等經驗 (如圖 12)。



Rockwell's X-33 & RLV



McDonnell Douglas'



Lockheed's X-33 & RLV

圖 12 Rockwell、McDonnell Douglas、Lockheed 等三家公司所設計的 X-33 機體
資料來源：<http://vab02.larc.nasa.gov/Activities/RLV.html>

參、國際太空站

從第一架 Columbia 太空梭首航到現在，太空梭已不知不覺地在地球軌道上執行了將近二十年的太空任務，而它最後的角色——國際太空站運輸終於也開始了。據聯邦政府科學家 John Pike 表示，太空站為太空梭提供了一個新的出路；ISS 計劃主任 Frank Culbertson 也表示，太空梭的用途本來就是用在類似太空站的運輸上，只是我們的太空站計劃來得太晚了。事實上，一座預計三十年壽命的太空站，可以為太空梭繼續提供未來數十年的工作；沒有太空梭，就不會有太空站，而沒有太空站，太空梭注定會從歷史上消失，由此可見「太空站」的重要。一般而言，太空站是用來供太空人長期居住的，具有科學實驗室和軍事等多方用途；其內具有空氣調節、水、食物、動力等供應設備，以及各種科學儀器與通訊系統，另外還有來往地球或其他人造衛星的交通工具。

目前正在興建中的「國際太空站」

(International Space Station ; ISS)(如圖 13)，是一項跨國性的大規模太空開發計畫。它由十五個國家共同參與建造與營運，包括美國、加拿大、俄羅斯、日本與歐盟各國(英國、法國、德國、義大利、瑞士、西班牙、荷蘭、比利時、丹麥、瑞典、挪威等)。太空站完成後，可一次容納七位太空人常駐留於此，並利用太空環境進行相關實驗，同時也必須開發往後會應用到的太空技術，如通訊技術、機器人技術等。此外，亦順便進行地球觀測與天文觀測，甚至希望能用來作為建設月球基地和載人火星探測等行動之中繼站(國際太空站全貌，民 88)。而從事這些實驗、觀測與研究所需之設備分別由 NASA、NASDA (日本太空開發總署)以及其他各國和地區的開發機構提供。

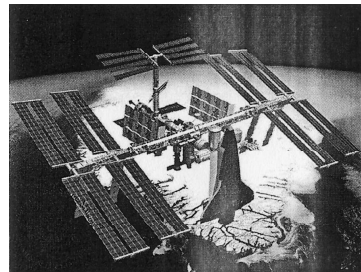


圖 13 ISS 想像完成圖

資料來源：<http://www.nasm.edu/galleries/sec570.htm>

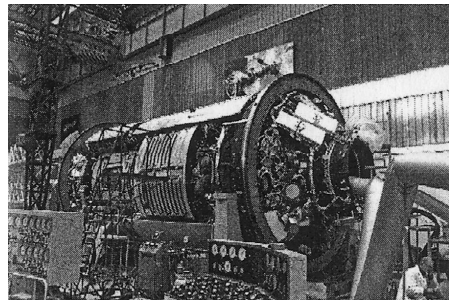


圖 14 FGB

資料來源：<http://spaceflight.nasa.gov/gallery/images/station/zarya-fgb/ndxpage1.html>

據估計，完成後的國際太空站，其寬約一百零八公尺，長約七十五公尺，總重量約四百二十噸，運作高度大概在四百公里左右高處。事實上，此興建計畫是分為三階段進行的，第一階段早於1993年底便展開，為美國太空梭與俄羅斯和平號太空站（Mir Space Station）之泊接，而第二、三階段才是真正的建造和營運。西元1998年6月，質子號（Proton）火箭帶著21噸重的機能貨物艙（Functional Cargo Block；FCB）從俄羅斯Baykonur Cosmodrome太空中心升空，於是第二階段建造工作正式展開。FCB（如圖14）之任務是保持太空站的軌道高度與姿勢，並供應建造初期陸續升空的各組件所需之電力和燃料，以及與地面的通訊等（國際太空站全貌，民88）。至於最後階段，預計是從日本實驗艙、美俄追加構成要件發射升空開始；目前預估整個國際太空站建造至西元2003年會完工，到時，便可正式進入整體運轉階段，當然，太空人就能長期駐留其中進行實驗與觀測，這對人類的太空科技發展，又將是一項劃時代的突破。

肆、結論

「你想嘗試太空旅行嗎？」我想一定有許多人非常想，從人們對太空的憧憬，催生了火箭的問世；繼之登場的太空梭，使火箭由用過即丟改變成可重複使用；到目前正在興建的國際太空站即將成為人類於太空中的活動據點…等，這一切的一切，證明了短短一百年不到的時間，太空科技的發展是多麼地迅速。本世紀是「太空」的世紀，突破現況進行星際旅行，或許將不再是一個遙不可及的夢。

參考資料：

- 1.人類的挑戰（民87）。牛頓雜誌國際中文版，180，頁96—111。
- 2.太空運輸（民78）。牛頓現代科技大百科8現代技術II——能源、運輸與傳播（黃啟明譯）。台北市：牛頓出版公司。
- 3.太空探測（民85）。自然科學大百科。台北市：綠地球國際有限公司。
- 4.太空旅行的科技（民86）。牛頓雜誌國際中文版，168，頁70—83。
- 5.光復書局編輯部（民84），新編光復科學圖鑑22探空火箭（四刷再版）。台北市：光復書局。
- 6.國際太空站全貌（民88）。牛頓雜誌國際中文版，189，頁46—81。
- 7.國立科學工藝博物館。見<http://www.nstm.gov.tw/>。
- 8.新型太空運輸系統（民86）。牛頓雜誌國際中文版，164，頁24—29。
- 9.謝世輝（民80），太空旅行。新竹市：凡異出版社。
- 10.Robin Kerrod（民84），桂冠科學百科全書10運輸的奇蹟（涂鴻儀、張長臺譯）。台北市：桂冠圖書公司。
- 11.NASA Jet Propulsion Laboratory。見<http://www.jpl.nasa.gov/>。
- 12.NASA Quest。見<http://quest.arc.nasa.gov/>。
- 13.NASA LaRC Vehicle Analysis Branch。見<http://vab02.larc.nasa.gov/>。

（下轉第71頁）