



太空科技

太空科技發展 衍生的問題

備役少將 邢有光、副教授 孫允平
副教授 張政仁、助理教授 梁燕祝

壹、前言

在1961年人類成功擺脫地球引力，進行自由環繞地球運動前，為了進行各項太空發展計畫，從早期的洲際彈道飛彈系統(ICBM)改良的各式火箭，到跳脫這個框架，完成來來回回的太空飛行任務，可以重複使用的太空梭以及更大推力負載的火箭系統，都是累積50多年的科技成果。但是，在幾十年前火箭發展過程試射產生的污染，炫麗燦爛的煙火秀下，產生對地球破壞的後遺症，正持續地侵蝕這個地球。不只這些影響，被人類用盡各種辦法推到外太空的飛行載具(spacecraft)，正以超高的速度永不停止地環繞這個地球，即使它們失去功能後，仍無法有效率地回收它們。人類在享受這些高科技(通訊衛星和全球衛星定位系統)帶來的便利生活之餘，是否因該想想辦法怎麼解決未來的汙染問題。本文先簡略的介紹太空科技的發展，繼而提出幾項對人類現在或未來有幫助的太空技術實驗，最後介紹美國正想辦法解決的問題供讀者參考。

貳、太空科技的發展

現今太空科技對於人類社會生活的進步與改善，是靠數十年各國科學家的技術經驗累積而傳承。不可諱言地，美國與蘇聯的太空競賽是促成此項科技蓬勃發展的主因，在此炫麗燦爛的背後，除了歌頌科學家的偉大以外，在製作研發過程中，因意外或試驗性階段而犧牲的人，更值得後代緬懷紀念，並記取其錯誤轉化成寶貴經驗及成果。本節除了談太空科技發展外，因為科技蓬勃發展衍生的地球外太空環境的破壞，漸漸帶來的隱憂，是人類將來要面對的大問題。

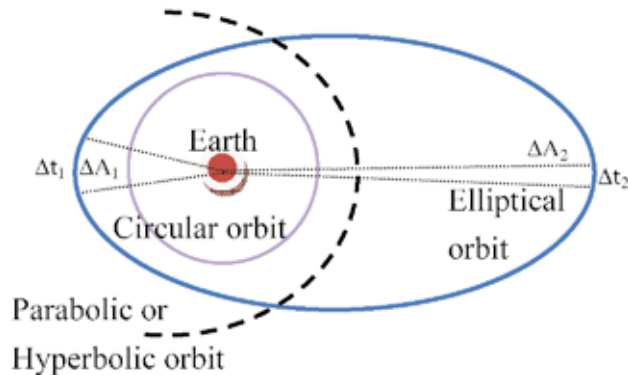


表1 太空競賽的重要紀事

時間	國家	衛星或人物	備註
1957	蘇聯	Sputnik 1 號(83 kg)	Sputnik 2 號(507 kg)同年發射
1958	美國	Explorer (8 kg)	
1961	蘇/美	Gagarin(繞地球一圈飛行 108min)	Alan (只飛行 15min)
1969	美國	Apollo 13	氧氣罐發生爆炸損壞太空飛行器，最後安全回返
1979	蘇聯	禮砲 6 號	發動機故障，啟動備用發動機，但太空人承受 20.6G 的重力返航
2007	美國	百星計畫『太空快速反應聯合辦公室』成立	軍艦/飛機雷射光/殺手衛星/太空雷預先佈設
2007	中共	反衛星雷射武器攻擊 800km 衛星	成功達成任務
2008	美國	SM-3 攻擊 247km 衛星	USA-193 成功達成任務

一、過去與現今的太空競賽：自從1957年蘇聯成功發射第一枚人造衛星Sputnik 1 號之後，人類便開啟了一連串的太空競賽。從蘇聯第一顆衛星重83kg、美國第一顆8kg，到中共刻意要與美蘇較勁，從預劃發射100kg，但最後實際升空的衛星有173kg，都是為了展現國力所進行的競爭。1961年蘇聯空軍少校蓋格林是人類第一位擺脫地心引力在太空繞行地球一圈的太空人。但是在他之前，被蘇聯送上太空失敗摔下來重傷的太空人(想搶第一的大官兒子)，在當時，絕不會透露任何消息給外界知道，直到蘇聯瓦解後，赫魯雪夫才把他們國家發展太空的意外史公諸於世，很多意外假如有公開，後來研發技術或操作的太空人，都可以因為這些資料而避開危險，減少不必要的犧牲，但是歷史上競爭的兩方，都曾經因為相同的錯誤而產生意外，實在不是發展科學以造福全人類的好典範。西元2000年後，美國與中國大陸的太空科技互相較量，在大陸成功擊毀位於800km的低軌衛星後，很多西方國家指責其技術不佳，造成的垃圾碎片影響地球大範圍；隔年美國也展示他的地面襲擊能力，在發射前通知所有附近相關的衛星國家，但獨缺中國大陸，雙方較勁意味濃厚。表1為簡略地記錄太空競賽的重要紀事。值得一提的是，1979年的意外，讓人類承受最高G力的記錄出現，20.6G，在那種力量之下，骨頭全都散了，但是他們活下來了。2007年，美國發現中共太空科技實力的快速發展，為了防堵中共這些毀滅衛星的動作而成立了百星計畫，例如：軍艦或飛機上裝置雷射光，以及預先佈設殺手衛星反制中共研發的太空雷，但是這些方案在下一節文章中會探討，因為太空科技的發展，需要在和平基礎上，假如是非和平行為，聯合國是不予以核准通過的。

二、衛星軌道特性與應用：根據克卜勒第一定律，衛星繞地球是以地球為其焦點之一進行各種軌道運行，基本的軌道就有如高中幾何一般，封閉型(closed or-



圖一 衛星軌道種類

bit)也就是重複型(repeated)的軌道，包括圓形、橢圓形軌道；開放型(open orbit)也就是一去不返的軌道，包括雙曲線形、拋物線形軌道(如下圖一)。

根據克卜勒第二定律，衛星繞地球同一時間掃過與焦點間構成的面積相同(如圖一， $\Delta t_1 = \Delta t_2$ ， $\Delta A_1 = \Delta A_2$)，所以軌道越高，速度越慢。以軌道高度來分類，可以區分為低軌衛星(Low Earth Orbit, LEO)、中軌衛星(Mid Earth Orbit, MEO)、高軌衛星(High Earth Orbit, GEO)、同步衛星(Geostationary Earth Orbit, GEO)、極軌衛星(Polar Earth Orbit, PEO)。其特性，如下所敘述。

LEO 軌道高度<1000km

- 軌道周期短
- 每天繞地球轉很多次
- 軌道速度高
- 掃掠過地表面積有限Limited swath areas(觀察面積小)
- 發射費用較便宜

MEO 軌道高度介於5000km到10000km

- 介於地球外圍之兩圈泛亞倫輻射帶Van Allen Belts之間(泛亞倫輻射帶有兩區，一個為內帶inner belt，另一個為外帶outer belt，這些帶電粒子群聚在地球外部兩區)
- 避免電裝設備被干擾

GEO 軌道高度高於20000km

- 介於地球外圍之泛亞倫輻射帶外帶之外
- 避免電裝設備被干擾



GEO 軌道高度剛好等於35800km

- 與地球自轉同步
- 傾角零度
- 無都卜勒效應
- 觀察面積大
- 發射費用較貴
- 幾乎客滿
- 氣象衛星
- 太平洋或大西洋之通訊站

PEO 軌道傾角90度

- 傾角90度
- 因為地球自西向東轉，可以完全觀測整個地球
- 適合觀察南北極
- 地球資源探勘
- 地球暖化研究



圖二 泛亞倫輻射帶[1]

衛星的應用，從影響生活缺一不可的GPS系統，到一隻蜘蛛在外太空的生活適應，都是為人類到外太空新移民的前置作業。所以除了通訊技術的應用外，本文在此介紹三種基本的應用發展。

(一)遙測系統(Remote sensing systems)：遙測系統不只探勘或監控地球本身的自然資源(利用封閉型軌道重覆執行)，還包括外太空的環境、資源、新星球探索等等(利用開放型軌道遠離地球，將訊號回傳到太空站)。除了此應用外，對於人口的分佈，汙染的影響等等都是研究的範圍，過去曾經由衛星空照發現叢林中幾百年來未曾與外界接觸的村落，過著極原始的生活，不可思議但依然存在。同時，馬來西亞航空意外，雖然衛星空照圖目前為止無法找到失事的班機，但假如時間點夠準確，相信可以幫助搜尋、救難等工作。或許在間諜戰的考量，第一時間沒有公佈衛星空照圖，是因為不想讓其他人知道我有一顆衛星正隨時在你上空監控著你的國家。

(二)微重力環境(Microgravity environments)：在地球具重力場或大氣環境的實驗室無法完成的材料晶體等製作過程，在外太空的微重力環境可以實現，而



且可以形成新的合金或結晶，以及新藥的製作，藥效提升300倍，因為無重力場結晶對稱更均勻，無大氣環境無塵度更高。這些創新技術的突破，不但可以改善人類的壽命與生活，在某些新材料技術上，可以讓科技產品更上一層樓，抗腐蝕、耐更高溫、更強化。此外，在生活適應上，如前面所提，科學家的”生物對微重力場適應性探討”，在外太空得到很有趣的結果，把一隻蜘蛛放到外太空，它不能適應微重力場，結出來的網亂七八糟，直到一個星期後，蜘蛛把網漂亮地、對稱地織出來。

(三) 替代的能源資源 (Alternative sources of energy)：太空系統中的太陽能動力，一直是提供源源不絕能量的主要來源，此外，地磁磁場提供的環境，也是可以創造新能源的來源之一。除此之外，太陽風或太陽高活動期等大能量的移動風暴，假如可以適當地儲存，也是提供新替代能源的首選。這些太空環境的觀察與分析的實驗，可以輔助科學家一些重要的資訊，引導新能源的開發。

三、美國現今的計畫：經過了這麼多年的累積，太空垃圾成為人類製造的一個大問題，有些衛星並沒有壞掉，但它失去電力、能源或功能，有些衛星因為撞擊失去功效，甚至於有些是多節火箭拋棄掉的燃燒筒、或火箭的燃燒殘渣，成為環繞著地球的垃圾碎片。這些垃圾假如存在低軌道，它們以極高的速度運轉(8~9km/s)，有時候還會意外掉到地球，而且通過大氣層時沒有完全燒毀，對於附近運作的衛星或剛好被砸到的人，都是極危險的情形。截至2013年9月為止，超過50萬枚的太空垃圾在地球周圍高速的環繞，有2萬枚超過壘球大小，有數百萬枚是太小而不好追蹤，越來越多的太空垃圾對太空載具造成威脅，尤其是國際太空站以及載人的太空載具，更是有如在叢林中飛行。NASA負責太空垃圾的首席科學家Nicholas Johnson說：“The greatest risk to space missions comes from non-trackable debris. 太空任務最大的危險來自於無法追蹤的太空垃圾”。載具上的太空防護罩只能忍受直徑小於1cm物體的撞擊，超過10cm的太空監視網 (Space Surveillance Network) 可以追蹤，然後直接警告空中航行的載具，並將載具設計成可以操控轉向避開撞擊物的飛行模式，但介於1cm到10cm間的垃圾碎片，不但不易追蹤，而且太大容易傷害防護罩。記錄上顯示[2]：

- 1996年，法國衛星被十年前已經爆炸的法製火箭碎片撞擊損毀。
- 2009年2月10號，俄羅斯無效的衛星撞到尚在服役的美國大型低軌道通訊衛星，銖計畫衛星，這麼一撞，可以追蹤到的碎片又增加超過2000片。

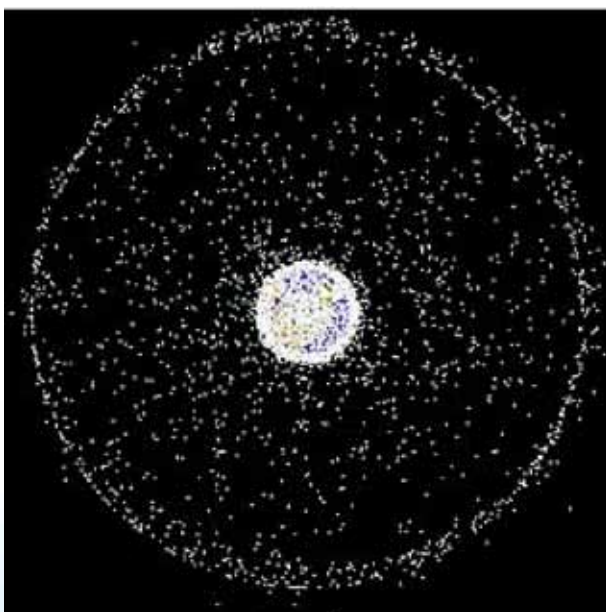


●2007年，大陸反衛星測試，利用飛彈直接摧毀一枚舊的氣象衛星，太空中再繼續增加3000枚太空垃圾。

對於辨識衛星(包括太空垃圾)這種繁複的工作，目前美國NASA和國防部正在分工進行，國防部負責低軌衛星和同步軌道周圍一米區域的衛星和垃圾，直徑大於5cm都要列入計算，到目前為止，共15000個正式登記的物體(不一定是衛星)還在軌道上運行，但追蹤到的數目就有21000個。NASA利用的是特殊地面偵測器觀測繞回來的衛星表面，很困難地統計直徑小於10cm的太空物體。

送上太空的衛星或物體(太空站)，其使用的通訊頻道或指令下載/上傳(down-link/up-link)，以及軌道高度和位置都是要事先申請，採取先到先得(first-come, first-served)的方式，其申請單位是聯合國附屬的單位，International Telegraphic Union (ITU)負責通訊，申請過程耗時，衛星將來在的位置附近的衛星以及會影響到的下方衛星都必須知會。發射過程假如從美國本土，還需要跟Department of Transportation (DOT)申請，因為經過的領空以及空域中影響到的衛星都要知會。NASA工程師在技術上需要六週完成的工作，律師們要花六個月解決合法性問題，進行溝通與申請，包括使用權、保險、還有周邊衛星的權益等等。通常新衛星花三到五年完成前置核准作業，舊衛星大概一年[3]。但是這些合法性怎麼定義？聯合國對於送上太空的計畫開宗明義要求以”和平”為基礎，各國家送上太空的物體可以不經允許通過其他國領空

上的太空，全世界只有俄羅斯明確定義”太空”開始的範圍，100-110km，因為飛機沒辦法飛到那裡，而且載具在那高度之下會燃燒殆盡。美國害怕科技的進步會讓”太空開始的範圍”影響其領空而未明確定義太空開始的範圍。但是多年來，雖然律訂了這些法律，以聯合國的能力，沒有辦法實現真正執行的公權力，只能由各個國家表示”譴責”的方式進行。圖三為從地球北極上空望下去，拍照出來的空照圖，最多太空垃圾(或飛行物體)的區域



圖三 從北極上空照地球(資料來源：NASA網站)



圖四 未來太空科技的發展

是低軌區和同步軌道區。

過去在中共還未成氣候參與太空實力的展示時，1996年6月長征3號發射掉落在村落燒毀了村莊，據西方媒體偷拍照畫面估算說500人死亡(中共說只是把宿舍燒毀)。這些年來，太空武器發展不斷，中共發射的太空雷(不一定放置在欲攻擊的衛星周邊，可以利用軌道交會接近時啟動攻擊)，以及研究可行性的太空棒等攻擊性武器，在在都顯示”和平”為基礎是多麼薄弱。基於上述的這些問題，以及美國和中共漸漸形成太空競賽的角力，2014年2月，美國空軍太空指揮中心主任Shelton將軍提出美空軍計畫今年發射兩枚祕密發展的小衛星，在同步軌道的上下附近區域監視非常擁擠的同步軌道區衛星活動，在此區的衛星一般都是通訊衛星、國土安全緊急飛彈預警系統、或核武器攻擊時總統與軍方的快速通訊系統。此計畫稱為Geosynchronous Space Situational Awareness Program (GSSAP) [4]。共預劃發射四枚攜帶多架攝影機且可以操控轉向的衛星，2014年先發射兩枚，另兩枚2016年發射。這四枚衛星擔負了很重要的任務，它們需要把埋伏在同步軌道附近或會經過同步軌道附近區域的不友善衛星辨識出來，同時統計出有多少是這50多年來造成的垃圾。但對於預算花費、多久完成、有無競標、或衛星相片以及相關功能都不願透露太多，只知道衛星夠小可以一次發射火箭攜帶兩枚衛星上去。GSSAP未來將可以精準地追蹤衛星和探知其特性，包括目標物的位置、軌道、大小、狀態等資料都可以蒐集一清二楚。目前文獻上獲得的資訊是，只純粹監視觀察，並沒有具備攻擊能力。請注意，大家都聲稱”和平”的，正如圖四所示，未來太空科技的發展，是往提升人類生活的和平方向發展，還是往武器防衛的戰爭趨勢，端看這些強國的互動以及領導人的處理態度。



參、結論

『只要有開始，永遠不嫌晚!』，地球汙染最常看到的是空氣、水資源、土地。本文提出來的是環繞著地球外圍的太空垃圾。不管GSSAP計畫執行的成果將會如何，但是在現階段，至少讓科學家想辦法去分類這些『最擁擠的地球軌道一同步軌道上繞行的物體』，進而想辦法解決太空垃圾問題。過去京都議定書探討二氧化碳排氣量，討論地球空氣品質與汙染的防治，已開發國家把高廢氣、高污染與高能量需求的產業外移，然後要求這些開發中國家簽訂限制二氧化碳排氣量。發射火箭上太空會產生多少的廢氣汙染(是否全面要求用氫燃料解決)?發射人造衛星的火箭公司有沒有被課很高的稅?這都是值得省思的問題。

參考文獻

- [1]. http://www.geschichteinchronologie.ch/atmosphaerenfahrt/10-01_drei-Van-Allen-strahlungsguertel-NASA-d/04-zwei-Van-Allen-guertel-weltraumschema-schw-rot.gif
- [2]. http://www.nasa.gov/mission_pages/station/news/orbital_debris.html
- [3]. J.R. Wertz & W.J. Larson, 1999, Space mission analysis and design, Ch. 12, pp.821-828.
- [4]. A. Butler, "Neighborhood watch: U.S. Air Force to deploy 'taskable' intel sats to spy in GEO belt", Aviation week & Space technology, 2014, March 3, pp.22-23.

作者簡介

空軍備役少將 邢有光

學歷：空軍官校48期、美國科羅拉多大學航太博士，經歷：漢翔航空工業股份有限公司董事長、台灣苯乙烯工業股份有限公司總經理、亞洲航空公司副總經理、經國號戰機(IDF)總工程師、中科院航空研究所副所長、1993美國科羅拉多大學傑出工程校友。

副教授 孫允平

學歷：國立成功大學航空太空工程研究所博士，現職：正修科技大學機械工程學系副教授。

空軍上校 張政仁

學歷：空軍官校79年班、國立成功大學航空太空工程研究所博士。經歷：空軍官校一般教學部航太系副教授。現職：空軍官校一般教學部部主任。

助理教授 梁燕祝

學歷：國立成功大學航空太空工程研究所博士。現職：空軍官校一般教學部航太系助理教授。