



軍事科技

火箭發展史

助理教授 梁燕祝、助理教授 孫允平、學生 簡子文

壹、前言

火箭的發明是帶動太空科技發展的源頭，沒有火箭的發射載具推進系統，一切的太空活動都是無法實現的，火箭的發射是其建造者的驚人創意表現，在美蘇兩大強國從1950年代此起彼落的太空競賽史上觀察，它就是一個國家的希望及夢想。對於工程師們，它代表一個樂意接受的挑戰，而且是不願拖延的挑戰，是大家決心征服的挑戰。除了建造者的辛勞及汗水外，有時火箭之旅常在意外的瞬間提早悲劇收場，因為不可能想盡所有可能發生的緊急情況，所以總是會有料想不到的意外。本文介紹史上著名的發射失敗火箭幕後的故事，主要的資料來源來自於探索頻道與網路搜尋相關的資料圖片，進行一場火箭歷史發展的軌跡之旅，同時探究這些科學家在緊迫的時間壓力競爭下，如何的改變了火箭科學的進展。

貳、突破與失敗

提到火箭，最常提起的一定是德國在二次大戰期的V2火箭，也因為它的盛名，真正原始的理論發展反而沒有讓普羅大眾印象深刻。過去60年來，世上最優秀的科學家們致力於設計、建造並



圖一 羅伯特哥大德：1937年在靠近新墨西哥州 (New Mexico) 拍攝。(http://www.phys.ncku.edu.tw/~astrolab/mirrors/apod/ap990717.html)



發射火箭至太空，儘管有卓越人才絞盡腦汁，仍然是件困難的任務。因為大家常忽略了太空飛行要成功，最困難且最具挑戰的事情就是人類必須嘗試克服地心引力。所以火箭科學家們要歷經艱苦的挫折，才能有所突破。就像過年元宵節壯觀的煙火秀一般，火箭發射失敗的悲壯場面，總是學生們上課最感興趣的畫面，但背後卻是許多人的心血化作一團火球。把火箭推進理論附諸實現的火箭之父羅伯特哥大德，他在新英格蘭穀倉的摸索階段是所有實驗的先驅，是第一位把理論基礎轉化成實體的科學家，後來的德國科學家們也都依循他的結果繼續發展下去。圖一為1937年羅伯特哥大德在羅斯威爾的沙漠實驗的畫面，他正在檢查其測試火箭的鼻錐 (nose cone) 及降落傘。



火箭科學中最重要的就是從錯誤中學習，如果不容許有失敗就不可能成功。火箭的問題包括：從燃油灑出使火箭失衡、管線

圖二 泰坦4號火箭：泰坦四號系列運載火箭(包括四A型及四B型)為美國空軍所屬的火箭。(http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B3%B0%E5%9D%A64%E8%99%9F)

設計與製程造成電線走火，到原型火箭的腳架不穩都可能發生，不管原因為何，火箭發射失敗產生巨大的烈焰有如大型煙火秀一般，本身就是引人注目的事件，再加上開發及執行上投入了巨資，裝滿了爆炸性的燃油，在火箭發射失敗時總是迷人壯觀的慘重損失。最壯觀的一次失敗發生在1998年8月12日，泰坦4號是無人火箭發展史上損失最慘重的一次：造價3億5千萬美元的泰坦號有20層樓高，運載一座價值10億美元，體積有如一輛巴士的間諜衛星，它花了185天建造。清晨7點半，空軍上尉布萊恩契派爾跟發射小組看著火箭緩緩離開發射台，頭30秒一切正常，在火



圖三 V-2火箭：納粹德國在二戰中研製可從歐洲大陸直接準確地打擊英國本土的武器。

(<http://zh.wikipedia.org/wiki/V-2%E7%81%AB%E7%AE%AD>)

箭起飛40秒後，火箭突然微微的轉動，泰坦4號下俯後隨即爆炸。爆炸的力量觸動了12哩外汽車的防爆器，這也是為何火箭發射基地必須淨空，因為造價昂貴的火箭與負載固然貴重，但周邊的無端損害更是極需避免。意外發生後，工程師們立刻著手找出原因，諷刺的是，就像聰明的腦袋突然短路了一下，爆炸的原因只是一根小小的裸線。當火箭發射時，裸線因震動，接觸到金屬殼體而短路，使得火箭的導引系統停止運轉，造成姿態變成下俯。短路造成導引機組失去電力，火箭本應在特定的航道上，傳遞導引的訊號無法進行而偏離航道。泰坦4號的這一條裸線凸顯了火箭工業一個更大的隱憂，『營建製造管理的問題』，現代火箭是由私人公司建造，它們彼此競爭著要將衛星送上太空，為了讓泰坦4號有競爭力，工程師們被迫壓低成本，而預算壓縮的太過分就會有意外，很不幸地在一些不智的選擇下，削減了與



安全及品質有關的工作，減少重覆檢查的次數，最後自食惡果，損失了造價10億美金的間諜衛星。圖二為泰坦四號火箭發射情況，發射地點有佛羅里達州的卡納維爾角空軍基地及加州的范登堡空軍基地，資料來源為維基百科。

火箭發射失敗有兩個基本原因，一是火箭計畫成功後產生的自滿及疏忽，以及新的火箭計畫總會出現無數待修正缺失，在找出答案前，必須先經歷一些嚴厲的教訓，縱使在實驗室完成了無數次的驗證，但產品開發過程中的一個細小環節出問題還是可能造成整體完全的失敗。讓工程師們最當頭棒喝的一次教訓，是著名的德製V-2火箭，如圖三，為一種世界上最早投入實戰使用的中程彈道飛彈。納粹德國在1942年首次發射V-2火箭，46呎的高度相當於四層樓高的壯觀火箭是德國人最先達到的技術突破，從小火



圖四 韋納布朗：德裔火箭專家，納粹德國戰敗後，整個設計團隊移到美國。

(<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B2%83%E7%BA%B3%C2%B7%E5%86%AF%C2%B7%E5%B8%83%E5%8A%B3%E6%81%A9>)

箭發展到可運載彈頭飛行兩百哩的火箭是他們的驕傲。其目的是要在二次世界大戰期間，可以攜帶炸彈飛越英吉利海峽到倫敦，可是它要經過許多考驗才可能投彈轟炸到英國人。在研發期間，V-2火箭的各式各樣故障問題包括：(1)發動機啟動後，常在發射台上方就熄火。(2)導引系統的問題也很常見，包括噴射導片失靈、電子故障等等。究其原因，就是完全自製以及來自納粹政府強大的時間壓力。儘管初期有著這些問題，但是V-2仍成為現代火箭設計上一個革命性的原型，為20世紀太空事業的先驅之一。設計著名的V1和V2火箭的總設計師韋納布朗，如圖四，其德國工程師團隊及領導人韋納布朗，在戰後都移居美國，成就美國的太空發展科技。

美國於V-2火箭1943年問世後，加緊腳步研發屬於自己的火箭，他們在加州帕沙第納NASA噴射堆進實驗室(Jet Propulsion Laboratory, JPL)的前身實驗室日以繼夜地研究。1945年，火箭工程師大衛艾塔門在新墨西哥目睹了下士火箭首次的處女航，那時沒有觀賞的看台，也沒有保護措施，而是直接站在草地上看到火箭噴出了火焰，卻毫無動靜沒有升空，在全部的人盯著它看且並面面相覷下，大約30秒後，它緩緩的起飛升空，華麗地轉了個圈圈，然後就掉下來墜毀在地面上，而且離觀



眾大概只有幾百呎的距離。艾塔門跟同僚僥倖逃過一劫，從蘇聯與大陸的發射意外中就可以知道他們有多麼地幸運。蘇聯死傷最慘重的意外發生在1960年十月，首席設計師庫斯米齊揚格(Mikhail Yangel)所領導的團隊正進行他最引以為傲的計畫，R-16洲際飛彈(R-16 ICBM)，本用來設計投射核彈到美國，為發展太空火箭計畫特別將發射展示安排在偉大的十



圖五 1960年十月蘇聯R16發射意外

月革命紀念日，戰略飛彈部隊總司令尼德林(Nedelin)元帥親自進行測試，許多高階軍官與工程師均到場參觀歷史性的一刻，為展示任務勢在必行的決心，尼德林搬了張椅子坐在飛彈下方，所有的人均圍坐在旁。在發射過程中，電力問題一直出現，安全處理程序應該先將燃油抽光並解除火箭的功能，但工程師在解決問題時意外啟動了點火按鈕，105公噸的燃油沖洩而下，發射台在幾秒內變成一團火球(如圖五)，這愚蠢而瘋狂的舉動造成126人當場喪生，包括被燒得不成人形的尼德林，是為太空史上傷亡最慘重的單一太空任務紀錄。中國大陸在發展太空任務方面，在1996年2月15日也發生長征三號乙火箭偏移掉落到西昌的村落，造成整個村莊夷為平地，但實際傷亡統計人數並未公開，因為官方說明所有平民已經事先撤離，造成六死數傷，其中有位總工程師，實際影片畫面感興趣者可以上網觀看，<http://www.youtube.com/watch?v=2603CMGNdWY>，可以聽到主持人的吶喊聲與一開始發射就斜向衝出的火箭和殘破的村莊！

參、美國的火箭發展史

早期美國研發下士火箭(如圖六)，但它的發展過程並不順遂，墜毀的原因來自於火箭的推進系統之製作環境問題，火箭的推進力來自燃油跟液態氧的揮發性混合物，它必須冷卻到零下300度，這樣的酷寒讓其中一個閘門凍結緊閉，致使下士火箭無法完成任務。二次世界大戰後，空中霸權的發展讓美國很怕蘇聯在彈道飛彈上領先一步，所以技術上必須有許多突破，目標是以製造射程1500哩，而不是僅只有200哩的火箭。從德國投靠到美國以韋納布朗為首的工程團隊，證實了最複雜的問題，有有著最簡單的解決之道。他們建造的朱比特火箭雖然讓創造者引以為傲，



但朱比特早期的發展過程問題重重：(1) 它沒有翼翅，因此飛行載具的空氣動力不穩定；(2) 利用新點子製造出可旋轉的發動機，而不在排氣管設置導片，因此導引系統非常精巧，但假如發動機旋轉不精確，就會偏離軌道而爆炸，很多方面都可能出問題：例如，推進劑在堆進劑槽中潑濺，火箭發動機的環架系統接收導引系統的



圖六 美國下土火箭(JPL製造, California Institute of Technology加州理工學院)
<http://airandspace.si.edu/collections/artifact.cfm?id=A19590009000>



命令，開始拼命地來回調整火箭的位置以保持航道，但最後就無法控制而炸開了。所有的心血在失敗的時候都白費了，但令人更氣餒的是，同樣事件已經重演了兩三次。為了避免推進劑的潑濺，工程師想出利用帶有尾巴的鉛球，在推進劑槽裡裝滿鉛球進行發射的試驗都成功，同時在推進劑槽中加裝盪動檔板，以防止推進劑的潑濺。但是任何的研究都是沒有捷徑的，50年代冷戰方酣，美國陸海空三軍為了因應蘇聯的威脅，各自迅速開發運載炸彈的火箭，但都在政治策略的要求下，使得一切程序都在趕，因為這些原因而爆炸的火箭例子很多。

1957年，美國空軍推出擎天神號，這是一種利用洲際彈道飛彈 (Intercontinental Ballistic missile, ICBM) 原理設計的火箭系統，其目的是想從美國運載氫彈至蘇聯，這是當時史上射程最長的火箭。運用了50年代，ICBM系統已經達到技術的極限，擎天神號是最極端的設計，且是飛彈技術的極限，所以在發射擎天神號時問題相當的多；因為擎天神號是以相當傳統的方式：「一群工程師拿著紙筆及計算工具埋頭設計」所產生的，想當然爾模擬火箭飛行的能力相當不成熟，所以必須以大量的試飛來了解火箭的運作。這也是計算機系統還沒辦法運算龐大資訊的年代。擎天神號的失敗有兩個基本原因：第一、它有三個發動機，等於是有三倍的故障率，而不是增加三倍的可靠度。火箭發動機內部壓力非常大，溫度達數千度，每平方英吋有數百到數千磅的壓力，你必須讓發動機外殼絕緣以免融化，因為發動機內氣體的溫度比金屬的熔點還高，只要其中一個故障就會影響其他兩個的運轉。第二、擎天神號的射程長達5,6千哩，而且要命中目標。在此情況下酬載致命的裝備，就必須有非常精確又有效的導引系統。導引系統必須計算到可能會有側風推離火箭，即外擾的模擬很重要，同時導引系統要進行修正，如果沒有確實更正，火箭就會開始傾斜，只要一傾斜，幾乎都會導致火箭摧毀。第三、火箭是脆弱的薄殼體，它的內部大多是燃油，說



圖七 擎天神號：擎天神 (Atlas) 是美國第一種服役的洲際彈道飛彈，美軍編號SM-65/CGM-16，於1959年開始部署，1965年退役。<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%93%8E%E5%A4%A9%E7%A5%9E%E9%A3%9B%E5%BD%88>



穿了就是一個裝滿燃油的薄殼體。為了讓它的重量達到最輕，擎天神號的設計者將殼體設計的如紙般的薄，採用類似今日飲料罐的金屬造出了13層樓高，重量超過132噸，實在很難以想像內部幾乎全是燃油的擎天神號可以成功發射。1959年9月24日，在進行靜態的助推器試驗時，擎天神號被固定在發射架座上，在發射火箭前要先啟動發動機來測試火箭，但就在這時燃油箱意外地破裂引發爆炸，整個發射架座化為灰燼。圖七為擎天神號發射畫面。



冷戰的陰影籠罩著全世界，美國空軍開發出了雷神號，如圖八，既然以雷神之名命名，雷神號本應以閃電般的速度對目標投下原子彈，但一開始試射就發生問題，1957年1月25日，雷神101準備開始它的處女航，數年來的辛苦努力在瞬間破滅，原因就出現在一個比螞蟻還要小的東西上。過去我們在大學會修基礎英文或基礎法文，因此建造雷神101也是同樣的一種入門嘗試，原因出在火箭管系裡的一

圖八 雷神號火箭：雷神是美國發射早期小型衛星如發現者號的運載火箭

(<http://www.hudong.com/wiki/%E9%9B%B7%E7%A5%9E%E8%BF%90%E8%BD%BD%E7%81%AB%E7%AE%AD>)

一個防逆瓣，防逆瓣在火箭升空時應該是緊閉的，可是它卻沒關上，小砂礫卡在防逆瓣上，燃油從管線排出，使火箭失去動力。最後推究的原因是工人曾把軟管拖過沙地，可能是小砂礫卡在軟管上，使得防逆瓣受損，此次失敗的情況有在地面重新做了測試，結果一致。雷神101的失敗，凸顯出工程師常忽視的問題，就是工程管理，有好的設計與產品的技術，但製程或整個系統若是沒有一一檢驗到位，即良好的工程管理品質沒有達成，最後的結果還是會令人失望的。雷神的爆炸問題，並非只有一種，後續還有泵堵塞：這阻斷了送到發動機的燃油，沒有燃油就沒有推力，沒有堆力就無法升空，無法升空就會爆炸，更嚴重的是，雷神號緊湊的生產計畫是它最大的敗筆。生產線不停的在運作，有時一星期生產一架，從建造到運送至發射站，在這樣趕的時程中，進度還明顯落後，等你架設好準備發射時，又得面臨新的失敗。在發射失敗的烈焰陰影籠罩下，工程師還需面對正有3,4架在建造中的同款火箭，這3,4架可能也會失敗，只有這樣工程師才得以找到問題進行修正，他們也會從其它火箭吸取經驗，所以會不斷的發射火箭，統計紀錄顯示一年中就損失了15架雷神號，自從1959年以來雷神號發射400多次，現已不常用。

1957年的10月，美國火箭計畫被迫進入一個未知的新領域，就是『開始增加



負載功能』。因為前蘇聯驚人的發射了一枚人造衛星『史潑尼克號』。這是人類太空史上第一個人造衛星，美國的火箭計畫意外遭到打擊，氣急敗壞的美國急著要把衛星送進太空，1957年美國海軍決定發射三節式火箭先鋒號，如圖九，火箭鼻錐內裝了一顆葡萄柚大小的衛星，接著就開始倒數，然後就是失敗。先鋒號爆炸最大的問題是：全世界都從電視看到這一幕，被看到這一幕造成美國威信全失，連蘇聯都發射衛星上太空了，遠遠領先美國，而美國人一直認為他們本來應該是世界科技的領導者。理論上而言，先鋒號計畫應該是可以成功的，火箭的每一節都分別測試過，問題就在沒有一起做過測試，組合系統的問題沒有測試，介面問題沒有避免，必然會有意外發生，結果也真的發生了。當先鋒號升空後，發動機就停止運轉，美國人親眼看著他們的希望爆炸，還好美國陸軍不到兩個月就撫平了國人受傷的自尊，跳槽的德國團隊韋納布朗設計的朱比特C火箭，最後將衛星送上軌道。要發射衛星進入軌道，是所有系統的整合，需要極充分的團隊合作。早期的衛星或許不需要遙測、追蹤、指令下載等，但現今一個完整的衛星系統包括：結構系統、熱控系統、推力與軌道系統、姿態控制系統、能源系統、指令與資料處理系統、電傳/追蹤/通訊系統、飛行軟體系統等，這是在50或60年代還在摸索建置的過程中所缺乏的。

但是美國火箭的爆炸命運還沒有結束，1959年7月6日朱諾2號火箭要將另一顆衛星送進軌道，起飛後片刻導引系統就失靈，火箭突然轉向飛往全國媒體所在的看台；很多



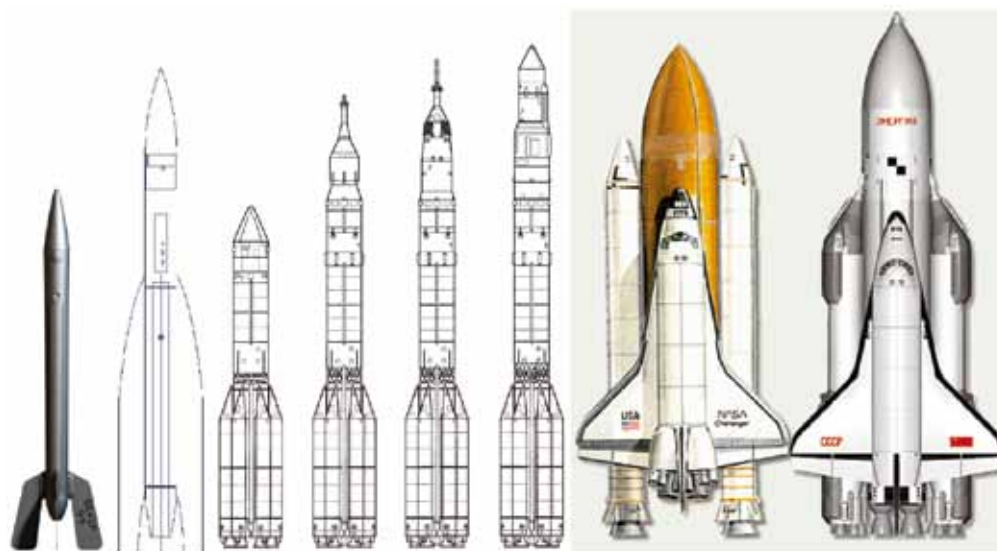
圖九 先鋒號：1955年，美國海軍提議開發的「先鋒」號運載火箭被美國國防部採用來發射美國的第一顆衛星。1957年9月火箭在發射臺上爆炸而失敗了。

<http://www.hudong.com/wiki/%E5%85%88%E9%94%8B%E5%8F%B7%E8%BF%90%E8%BD%E7%81%AB%E7%AE%AD>



圖片來源：維基百科

圖十 第一個登上太空的動物—小狗萊卡



資料來源：

<http://spaceart1.ning.com/photo/gird-09-orthographic-renders?context=user>

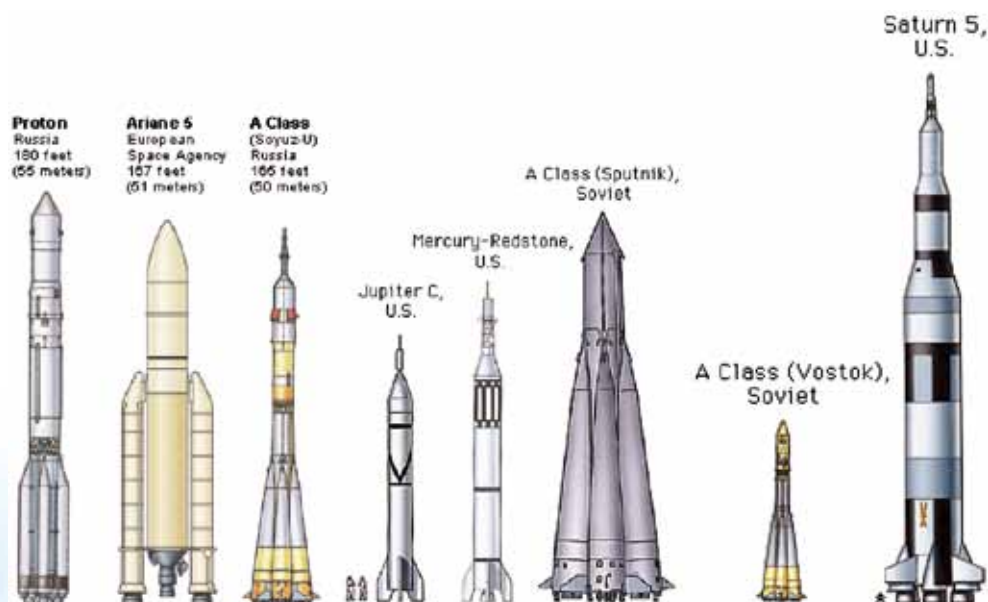
<http://www.rocketreviews.com/retro-rocket-works-rrw-gird-x-6519.html>

http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Early_Proton-K_rocket_versions.jpg

<http://englishrussia.com/2006/09/14/buran-the-first-russian-shuttle/>

圖十一 蘇聯發展的火箭

媒體記者都在現場觀看火箭發射，他們搶拍世上最棒的壯舉，但是卻有一顆飛彈朝他們飛去，幸好那天沒有記者喪命。1961年4月12日，火箭飛行史達到另一個創紀



圖十二 美國蘇聯火箭比較



錄的成就，毫無預警的美國又被蘇聯打敗了，太空哥倫布—蘇聯太空人蓋加林，登上蘇聯東方1號太空船，進入了地球軌道繞行了108分鐘，載人太空船競賽在一夜之間展開，在此之後，工程師不只要成功的發射火箭，還必須運載人類，要找出能將人類送進太空的優良火箭，可以選擇的並不多。蘇聯一開始是先把一隻小狗萊卡送上太空觀察其狀況，如圖十，但因為當時衛星無法返航，所以萊卡在幾天後被人道地毒死（書上是這樣寫，但筆者覺得很殘忍），在蓋加林之前，蘇聯其實有位首航的太空人。蘇聯最早的太空返航設計，並不是以太空船著陸，而是太空人自己以降落傘安全落地。伊留申是蘇聯首席飛機設計師，他的兒子維拉德米爾伊留申在1961年也期待自己成為第一位太空人，因為他的家世背景讓他成為第一位試飛員，他在順利升空後，繞行軌道三次也無法在一



圖十三 美國太空梭，圖片來源:Handbook of Space Technology, Wilfried Ley, et.al, Wiley, 2008

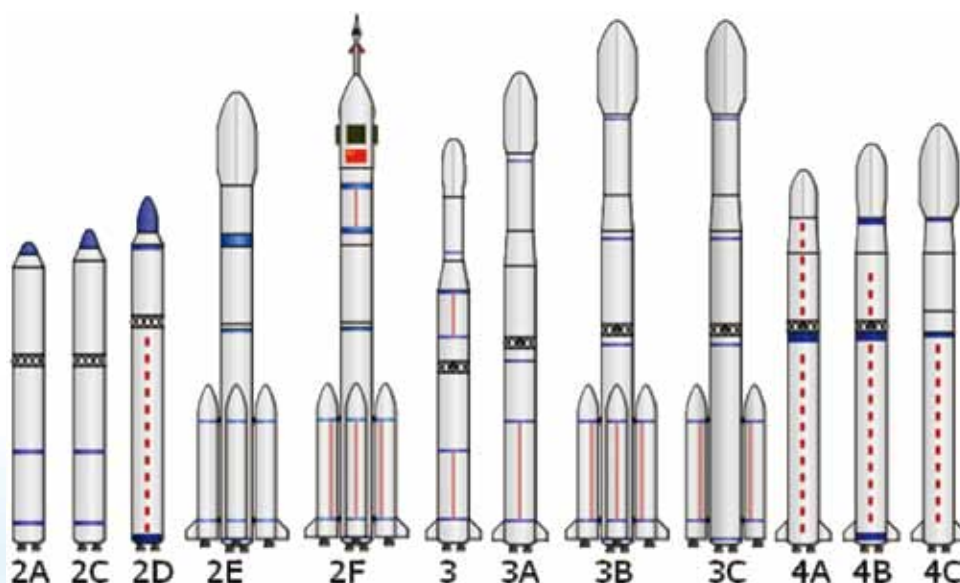
萬到二萬呎間跳傘脫離，所以在沒有減速火箭輔助下，太空船直接硬著陸，伊留申身受重傷，後來蘇聯政府為掩飾真相，公佈他車禍受傷的新聞，雖讓人質疑，但五天後Gagarin的成功飛行，讓世人對於搜尋真相的熱情也相對減低。伊留申將軍事後也告訴他人，他未曾上過太空，當初參與測試飛行的是假人伊凡。

1961年5月5日，艾倫謝巴德成為首位進入太空的美國人，駕駛紅石火箭飛行了15分鐘，其實是像現今的火箭人一樣，他並沒有達成繞行地球一圈的壯舉。繞行地球軌道需要較長的航程，選擇的太空人是約翰葛林，工程師挑選了擎天神號當載具，這是一架過去頻頻失事的火箭，它有著的1/3故障率令人憂心忡忡。在葛林升空以前損失過許多擎天神系列，關鍵任務用如此脆弱的設備主要原因是『符合資格的只有擎天神號』，即使它的外壁如紙一般薄，也沒其它選擇，因為這是政治性的安排。在約翰葛林預訂升空前6個月，擎天神號送抵范登堡太空基地，正午12點28分，擎天神號的三座發動機點燃了，數秒後立刻爆炸。究其原因，用來發射核子彈頭的彈道飛彈（即它是地對地的ICBM洲際彈道飛彈設計系統），不是地對空的理論設計，卻被用來載人，要擺脫地心引力繞地球一圈，就要有很大的衝力，道理就



圖十四 美國商用或軍方合作發展之火箭，圖片來源:Handbook of Space Technology, Wilfried Ley, et.al, Wiley, 2008

這麼簡單。假如連太空人都在發射台看到無人的擎天神號爆炸，那他們不憂心嗎？葛林的發射日越來越接近，NASA的官員承受了極大的壓力，他們必須謹慎安撫大眾對可能發生慘劇的擔憂，所以安撫太空人很重要，他們不斷地找太空人去工廠，對他們曉以大義：『現在是箭在弦上，必須搭乘這顆飛彈，請保重』。最後約翰葛



圖十五 中國大陸發展之火箭，圖片來源:維基百科



圖十六 以色列(左)/日本(右)發展之火箭

林帶著全國的期待，跨出革命性的步伐，勇敢的爬進太空艙，讓工程師點燃了引信，很幸運的，他戰勝了機率，剛好落在成功的1/3內，沒有發生意外。

肆、各國的部分火箭型式簡介

一、蘇聯：蘇聯從1933年八月發射的GIRD-09(圖十一之左一)、11月GIRD-X(左二)、早期Proton-K系列(左三/四/五/六)到蘇聯的太空梭(右一/二)。其中，Proton已經發展為商用，是商用載具中最重要發射器。

二、美國：

美國的火箭發展在上一節中已經有介紹不少，在此將一些美製火箭與蘇聯火箭的設計圖片並列作對比，圖十二由左至右分別為Proton(蘇)、Ariane 5(歐洲太空總署)、A Class(Soyuz-U、蘇)、朱比特C(美)、紅石(美)、史潑尼克(蘇)、沃斯托克(美)、土星(美)，資料來源：



圖十七 印度發展之火箭(資料來源：維基百科)



圖十八 歐洲太空總署發展之火箭(資料來源：Handbook of Space Technology)

<http://darshan-earnmoney.blogspot.tw/>。其中，前文所提及的擎天號為NASA的產品，可依載重需求調節，火箭節數，2, 4, 5節固態火箭。但即使擎天號為大廠家洛克西德馬丁所擁有，仍然因為昂貴的發射成本而不具競爭力。NASA的另一項最有名的設計為太空梭，為創造部份回收的設計觀念，且在環保意識抬頭的時候，正是最佳的賣點，可是自從挑戰者號失事後就停止運輸，目前還有三架。

美國的商用或軍民合作的發射載具在此提出三款：(1)Falcon SpaceX為第一架商用發射載具，在2008首航，圖十四左。(2)Zenit-SL是波音的產品，研發做為海上發射的商用發射載具，圖十四中。(3)Delta IV-M為美國空軍與波音合作的產品，圖十四右。

三、中國大陸：中國大陸的火箭發展，主要在長征系列火箭，如圖十五。

四、其他：以色列發展的火箭Shavit在2010/6/22發射間諜衛星Ofeq-9(資料來源：CREDIT: Israel Aerospace Industries Ltd.)，日本H-II火箭因為要降低衛星發展成本而建，但每年只在種子島三週的使用率，在商用上吸引力不夠是其發展的困境，如圖十六。印度的多款火箭發展型式如圖十七，由左到右分別為：SLV、ASLV、PSLV、GSLV、GSLV III。歐洲太空總署的發展，有些受到蘇聯瓦解後的科學家技術支援，在此提出幾款介紹(如圖十八由左到右)：(1)Soyuz：目前為止攜帶中型衛星的發射器中，最成功的產品，由1966年至今超過1200個Soyuz火箭在工作，並且從2009年開始在圭亞那當商用發展載具。(2)Ariane：一次可載兩衛星重9000kg的二顆衛星到同步軌道，由歐洲太空總署在圭亞那發射地發射，因為只離赤道5度優於美國與蘇聯之發射點。(3)Vega：義大利初



期研發的小型發射器，最後成為歐洲太空總署的發展計畫，三節固態燃料，儲存的為液態燃料，目前為商用。

伍、總結

火箭的發展史是一連串實驗失敗的畫面所連接而成的畫軸，沒有從這些失敗中得到改善很難成就人類的太空夢，但每次看這些烈焰燃燒的畫面不禁讓人想起地球的暖化，怎樣的動力可以不傷害這個環境又可以擺脫龐大的地心引力也是科學家們努力在尋求的解答，包括核動力、磁動力等都是在衛星到達軌道後賴以維生的新設計動力方法，但也都還未成熟發展，更何況是要從地面上發射的具備更大動力的載具系統，希望本文可以啟發讀者一些新的構想，為人類科學史與地球生命創造共同的美好旅程。

作者簡介

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，經歷：成功大學航空太空工程研究所計算機室研究助理，亞洲航空公司專案經理，現職：空軍官校一般教學部航太系助理教授。

助理教授 孫允平

學歷：國立成功大學航空太空工程研究所博士，現職：正修科技大學機械系助理教授。

大四學生 簡子文

學歷：正修科技大學機械系四年級