

## 【美國】【工業】波音和載人登月（續）

2019-08-07 08:02:00

原文網址：<http://blog.udn.com/MengyuanWang/128392486>

熟悉我的讀者，應該知道我不是一般的時評人：後者是文人的一個子集，他們寫作是為了抒發情感、引起讀者的共鳴；我的文章則純粹表述科學上的分析和研究，所以表面看來是科普或評論，實際上其核心目的在於要對現實世界裏的重要事件做出正確預測。

這裏的讀者群雖然小，但都是在乎時間一貫性和空間普世性的人。我的分析，不但五年來就擺在博客，供公眾檢驗，而且其實我一再反覆要求新讀者先讀完舊文，再參與討論。可惜大陸讀者因為習慣於閱讀一般時評人的評論，往往頭幾次看了我的新文章就開始反射式地噴。

然而我的250+篇文章、6000+留言回復，包含了大大小小約1000個預言，應該有80%已經被後來的發展證實（至少從獨家意見轉為主流），另外10%還有待觀察，失敗率大概是10%。如果有其他時評人，在預言幾月或幾年後的世界事件（往往是可能性極多的多選題）上有50%以上的勝率，還請賜教。

但是我也有一小部分文章比較特別，它們的主要目的不是做正確的預測以自娛，而是對業內的相關人士發聲，希望直接改變現實裏的政策和決定。最早的例子是三年前有關大對撞機的辯論，後來對學術界一窩蜂發熱門論文的批評也可以算是這一類。到今年，例子就更多了：《域外管轄權》是寫給華為聽的，《737Max必須重新認證》則針對航空公司和民航局，然後就是這一篇寫給中國航天人的《波音和載人登月》。

正因為是寫給行內專家看的文章，所以不須要仔細科普每個技術細節，只要把論證最後結論所需的事實和邏輯都解釋清楚就行了。在這個案例裏，反而是波音如何挾NASA以自肥的歷史，才是中國的航天人所少知的，因而我也就專注在那個議題上。

結果《波音和載人登月》在《觀察者網》首頁登出來之後，絕大多數的留言還是遵循前述一般大陸讀者的習慣，把它當成一般時評人的衛生紙式寫作，亦即偶爾臭不可聞，一貫用後即丟，絕對沒有重複使用五年的必要。結果不但都忽視了正文裏面已經解釋過的事實和邏輯，居然還有指控我居心叵測、抹黑長征九號的留言。

我想這一方面是很多讀者對科幻小說太當真了，沒有把娛樂和學術分開。我曾經在《觀察者網》評論過：“請科幻作家來評論現實世界的科技，這和選舉演總統的演員來當總統有什麼差別？”金庸的武俠小說我也喜歡看，但我絕不會想要跑到少林寺練易筋經。至於少林派從來就只是一個詐騙集團的歷史，請重讀四年前的舊文《從少林來談宣傳和迷思》。

另一方面，《波音和載人登月》對技術上的事實和邏輯也的確寫得十分簡略，往往一筆帶過。所以我在這裏補充一下。

首先，100+噸級LEO軌道載重的火箭，除了一次性發射載人登月之外，真沒有任何其他的用途。我以為已經寫得很明確了，但是沒有受過科學訓練的人性，是自然會對與自己既有認知有衝突的說法，視而不見，而不是去做理性邏輯分析。這也是為什麼近年來，有“重要的事說三遍”的段子。如果有讀者還是不能接受這個事實，請自問：在Apollo退役之後40幾年，為什麼到現在才有開發同一級別火箭的討論。

在改用20+噸級火箭多次發射、軌道並接之後，即使未來在載人登月之外還出現了新任務，效費比仍然會有20倍左右的優勢，那麼不但使100+噸級火箭成為白象，與其相關的衍生技術也是如此。20倍的費用是什麼概念？有點像把鋁鋰合金拿來做家用冰箱，然後說可以衍生用鋁鋰合金做壓縮機的技術。別說世界上沒有鋁鋰壓縮機的需要，要是真有了，直接去開發不是更快、更便宜、更適切？

在上周的博客留言欄討論裏，有人提出因為港珠澳大橋的實際使用率，只有原估算最低底線的1/3，現在中共當局已經開始重新正視和警惕這類浮誇的面子工程；這和我所知的長九計劃基本停擺是相合的。此外，有大陸讀者說中國航天界已經提出921火箭的設計，所以長五載人登月必然是次優的。這個說法在邏輯上完全錯誤；正確的解讀是行內人必然是知道長九已經死透了，才會拿出替代方案，否則就是自打嘴巴、自找麻煩。至於921火箭的技術價值，我們來詳細討論一下。

首先，載人火箭的安全性要求，天生就遠高於衛星和機器，後者又遠高於燃料和貨物。定量來說，NASA在21世紀所訂的載人級別標準（Human Rating）是全任務事故率必須小於0.4%，所以發射過程的事故率絕不能超過0.2%，如果使用N個發動機，單個發動機顯然頂多（假設所有其他部件都100%可靠）只能有0.2%/N的事故率。開發大推力發動機已經夠難了，但是載人任務要求遠超過99.9%的可靠性，這和衛星和機器所需的~99%，或燃料和貨物需要的~90%，根本不是同一回事。看起來是同一型的引擎，其實費用差別和開發/製造難度就可能是幾十倍。

1960年代的歷史，也證實上面的論點：蘇聯的N1載人登月火箭，由於沒有超大推力引擎可用，第一級就用了30個中推力的NK-15並聯，結果正因為無法保證全部30個引擎都正常工作，結果計劃完全失敗。

Apollo的Saturn V用的是5個F1引擎，所以維持可靠性就容易了6倍，再加上美國的工業實力更加扎實，這才成功了。但是實際上，Apollo的事故率依舊遠高於現代標準：除了Apollo 13的著名事故之外，Apollo 11和12都有一個罕為人知的設計錯誤，在重返大氣層的過程中，儀器艙的脫離過程太簡略，很可能會撞上返回艙。NASA在太空人報告了兩次驚險之後，才趕緊修改設計。大家想一想，7次登月就有3次是險象環生，這種事故率是21世紀人類能接受的嗎？（雖然這些事故不是全發生在發射階段，但仍然證明相信Musk吹噓的人太過天真；見下文。）

那麼921火箭是怎麼回事呢？它基本是在抄襲SLS（本身又是Saturn V的現代化版本）的長九無法上馬之後，改為抄襲SpaceX的BFR（名義上是Big Falcon Rocket的縮寫，但是實際上大家都知道是Big Fucking Rocket）。因為Elon Musk宣稱可以省錢，所以就希望用同樣的論點來做類似的圈錢。

但是BFR的第一級就用了35個Raptor引擎，比蘇聯的N1還多。35個貨物級別（Cargo Rated；SpaceX至今的所有火箭，雖然有發送衛星的記錄，實際上都還是貨物級別的，而且用的是舊式的Merlin引擎，Raptor根本還沒有首飛）的Raptor或許會比SLS的4發載人級別的RS-25便宜，但是如果要求同樣的安全級別，那麼單發Raptor的事故容錯率必須達到低於0.0057%，也就是十萬分之五。人類歷史上還沒有造出任何一個如此可靠的火箭發動機，更別提價錢必須低於RS-25的十分之一。不管你們信不信Musk，反正我只相信物理和工程定律。

改用ACES/Depot方案之後，長征五號只需要運送燃料，這可以有高達10%的容錯率，宇航員則繼續飛已經千錘百煉的長征二號F，那麼即使不看20倍的價差，孰優孰劣還是一目瞭然的。

總結來說，在決策核心對面子工程有高度警惕的今日，中國要在未來20年載人登月的唯一希望和可能，就只有Depot方案。剛好它還多快好省，以極低的價格和極高的安全性，在10年內就可以完成。我本來以為只有像波音這樣壞的，才會反對這樣的計劃；但是顯然無知可以比自私更糟

糕。

【後註】2021年1月16日，NASA的SLS引擎進行臺架實驗，徹底失敗，連進一步研究用的數據都沒有搜集齊全，詳情參見[《After a decade, NASA's big rocket fails its first real test》](#)。

## 14 条留言

!@#\$%^&\*()\_+

2019-08-07 11:09:00

. 民主社會言論自由就是湘西趕屍：都是死人、都會走路、都會變成殭屍。如果中國不能強制灌輸愚民自信，智障就會逼國家踩每一個陷阱每一個坑。人有頭腦，就是要被別人利用。我一直支持長照政策。99.99%的人只有在變成植物人的時候才有思想自由（我認為他們會做夢）。過去中國沒錢沒能力，但是大多數高科技計畫會花幾十年論證。就是在紙上蓋大飛機。真的可以動手的時候，往往已經想得非常透徹。相反的，美國在1960年代的登陸月球完全是大幹快上。如果兩份講稿都疊在尼克森的威爾遜書桌上，我相信哀悼演講一定放在上面。那個時候造發動機的有rain dancer。就是發射前他們會跳印第安人祈雨舞，希望老天下雨，不要發射。今天只要中國還是黨指揮槍，而且商人被黨踩在腳下，就還有一點點可能免於被美國控制。要不然中國就不是走自己想走的路，而是被廣告逼著上路。

“

其實西方政治人物（“representatives”），從人民的“trustees”變成“delegates”，也是在1980年之後，由於右翼智庫的興起，才被有意篡改出來的。這兩個字眼，一般都同樣被翻譯成“代理”或“代表”，其實英文裏意義完全不同：前者是“全權獨立代理”，後者才是“忠實公僕”。這個改變，看來不起眼，卻是現代民粹的基石。臺灣根本沒有學到從19世紀一直到20世紀中期，英美建立霸權過程中，如何減低抑制民主制度禍害的秘訣，直接被馬英九和蔡英文這樣留學海外的“菁英”，帶著跳進了美國土豪智庫搞出來的民粹思想體系。

馮紀游陸游：垂老而明智

2019-08-08 20:24:00

感謝澄清了許多疑點！

“

你是指正文中有關BFR的討論嗎？其實還可以再詳細一些，例如Musk號稱35個Raptor有一兩個失靈也沒有關係；當然這也是忽悠，不過我想技術細節不必窮追到底，畢竟這個博客不是專業的航天智庫。

膠柱鼓瑟

2019-08-09 00:19:00

為何所有人總在火箭兩字上轉？人都一直在火箭這兩字去想，我常在想一種電磁軌道，目前電磁砲困境在於要濃縮放在車船上造成的眾多問題，但如果一種地面式的發射裝置，放在青藏高原上傾斜的掘地坡道溝裡，其不受砲管長度限制所以能長達幾公里或十幾公里，速度也只須達到脫離地球的速度就夠。透過漫長的軌道逐級加速，難道真沒可能進入太空嗎這種固定裝置是一種設施，所以有無限大的空間可以放各種電能控制裝置和旁邊的發電廠，各種冷卻系統。人如果離開地球只有靠火箭這種唯一方法，我看普及化的太空時代再過一千年也到不了，終究困死在一顆星球上。

“

你這個想法其實並不太離譜，科幻小說界真正在乎現實的大師，例如Arthur C Clark就研究過，不過一般是設想在月球上，全真空，而且重力只有地球的1/6。在青藏高原當然也可以研究，但是要進入軌道，最低的那幾公里，其實無足輕重，真正消耗能量的是1）要剝脫300公里的爬升進入軌道高度；2）然後必須保持第一宇宙速度（First Cosmic Velocity），大約7+km/s，相當於海平面的Mach 20+。現在你應該可以看出問題的所在：如果主要依靠自由彈道爬升到軌道高度，那麼初速必須在Mach 25左右，這樣的摩擦生熱，連實心彈

丸都無法承受，空心的飛行艙基本很快解體。用大飛機載到同溫層（~20公里高）發射火箭，比較靠譜些，但是所得不大，在尺寸上和方便上的犧牲卻不小，目前還不能確定是否會有經濟性。

## 膠柱鼓瑟

2019-08-09 00:47:00

退一百步講 退一百步講如果考量加速G力問題的話，那至少物資和燃料用電磁發射，人還是靠火箭發射，那只要一個小得多的火箭即可。總認為一根尾端爆炸噴火的鐵管，這種進太空方式並非長久之計，更不是最終答案。

“

很不幸的，火箭仍然是目前已知唯一在工程上可行的方案。宇宙太宏大，人類太渺小，偶爾到地球門口探望，大概就是21世紀的極限。

## 大一統理論

2019-08-09 03:55:00

中國應該研發可重複使用的運載火箭，最廉價進入近地軌道的方式還是用火箭，問題是目前的火箭除SpaceX的獵鷹9號，其他的火箭都採用用完一次就丟的設計，但是自從馬可斯搞出可以重複使用多次的火箭以後，發射成本的確被降低了很多，歐盟亞利安納火箭和聯合發射聯盟發射一次報價是2億美元，俄羅斯質子M運載火箭在之前一直是最低成本的報價7000萬美元，而目前獵鷹9聽說已經下殺到4000萬美元導致2018年俄羅斯的質子M發射任務和客戶被搶掉了很多次發射，假如未來真的達到馬斯克的目標一枚火箭可以從複使用100~1000次，最大成本只剩下燃料成本（幾千噸燃料而已），那麼的確可很大程度降低成本，火箭還可以採用高效率的設計方式。當年NASA太空梭的設計，因為過度複雜導致低可靠性結果沒有達到NASA期望的可重複使用目標，蘇聯發射過一次暴風雪號太空梭，但是在無人狀態發射的，所有模塊都採用成熟的技術，而能量號火箭第一次發射並不是發射暴風雪太空梭而是「極地號衛星」這個衛星重量超過100噸上面搭載了斯基泰人-D天基化學雷射的武器平台，當年得技術沒辦法把雷射縮小尺寸，而且更加的設計是火箭的載荷（極地號衛星）可以採用外掛的方案而沒有放進整流罩裡 詳細發射細節請參考這部影片 1987年5月15日，蘇聯能源號重型運載火箭發射“極地一號”

<http://bilibili.com/video/av10591216/> 值得一提的是能源號運載火箭的發動機RD-170到目前為止還是人類歷史上推力最大的發動機，而且還是液態氧+煤油燃料的，俄羅斯把RD-170切一半賣給美國就變成擎天神5號運載火箭Atlas V的引擎，RD-180、RD-170比美國阿波羅登月土星5號搞出的氫氧發動機經濟性更好，至於要到遠距離的天體如果有核子動力火箭+會更好，前蘇聯和俄羅斯都有核動力火箭發動機這種技術，如果未來需要發展太空武器、或是大型科研設備例如宇宙射線觀測設備 大型太空望遠鏡，但是我不認為太空任務有對地球任何經濟性回報，百年之內有意義的事情就是純科研+發展太空武器之用

“

載人登月在未來20年，只有兩個實用目的：1）探勘月球南北極的水冰含量；2）在月球背面建立一個無線電望遠鏡（可以完全避免地球來的雜訊）。前者是非常早期的工程預研，後者則是純基礎科研，都沒有任何經濟上的緊迫性。

!@#%^&\*())\_+

2019-08-09 18:58:00

從實用的角度看，可以大規模量產、短期內極大規模發射是航天的唯一可行方向。幾乎所有的航天計畫都有窗口。發射人造衛星和補給ISS的窗口通常很寬。登陸月球的窗口也還可以。如果不是特別要登陸什麼地點，降落在黎明的位置就有半個月的陽光。但是距離越遠，窗口就越窄。火星差不多是每兩年有幾個月可以節約燃料。如果沒趕上窗口，下一次就要等兩年。如果真要開發火星，就必須每兩年大規模發射一次火箭。就是說，最好使用很多技術成熟穩定的小型火箭，在最短時間內檢查、發射。很多小火箭比一個大火箭實用。

“

火星探測花錢極多、風險極大、回報極少，還是不要做太多計劃，先把門口的事做好。SpaceX搞回收有些成就，但這是因為它免費繼承了NASA幾十年的預研，然後所開發的Merlin引擎，又以效率為代價，選擇了世界上最簡單的設計（Open Cycle）。現在下一代的Raptor引擎，用的是世界上最複雜的設計，不但採用新燃料甲烷，而且是Full Flow Staged Cycle，偏偏Musk在性能指標上，硬要在Aggressive上面再加20%。當然他有一個熱情而且自由（亦即花錢做研發的自由，參見《科技發展與美式自由無關》）的團隊，但是高效率、高產出是有極限的。

沒能力,沒價值。人類現在的太空科技,最有用就是放一堆衛星在軌道,做定位和通訊的功能,同樣也是加強本國自衛和攻擊的能力。至於到月球或火星,因為技術還未到,但成本超高,對人類來說是毫無意義的事。科幻片除了想像人類在其他星球生活,就是從其他星球挖礦,帶回地球;這些就是其他星球對地球最實用的地方,但以現在的科技是不可能的事,所以除非有突破,不然這錢和時間是白花的。

“

所以美國要登火星,就讓他去。中國如果提前載人登月,美國浪費在火星計劃的錢更多。

K.

2019-08-23 14:00:00

. 您好,我看了一下您在八月12日的八方論壇訪問視頻,有一個疑問,請指教。您說如果中國未來數年內開戰,如果沒有合理性,載人登月可以創造一個,因此要盡快載人登月,我覺得理由不太充分,因為如果中國這麼做了,美國媒體必定全方位貶低這一成就,例如: 1) 美國70多年前就成功載人登月了,中國依然落後70多年(一種常見話術) 2) 像當年貶低蘇聯一樣,儘管中國成功載人登月,但其他地方很差,是面子工程 3) 畫個載人登火星的大餅,為期10年,吹捧這是更大的成就(不需要真正實現,反正大多數人連10個小時的記憶都沒有)。歸根結底,如果人類尚未登月,這還可以考慮,但美國畢竟已經成功登月,它可以用宣傳將這一競爭扭曲為「中美並未發生競爭,只是中國趕上了美國70多年前的成就」(除非是顯而易見的更加偉大的成就,例如建立月球基地)當然這不能欺騙所有人,但是,如果一個人不會被這種話術欺騙,那他也不會被其他話術欺騙,早已準確認識到中國的實力;如果一個人已經被其他話術欺騙,那他很有可能依然被這種話術欺騙,依然不會改變看法。(更不用說,大多數人只會相信他希望相信的信息.....)再者說,如果因為台獨勢力越過紅線而開戰,那麼無論有沒有這種合理性都是必須要打的,而台海戰爭必定是短期戰爭,打完之後就解決了您所說的先有雞還是先有蛋的問題。我絕對支持載人登月,也十分支持盡快載人登月,但我不認為中國會為了、或者應該為了您所說的理由載人登月,現有的其他理由已經足夠了。

“

美國的新一代載人登月計劃已經搞了近20年,也就吹噓了20年。如果中國趕在他們前面,美國媒體當然會換一套話說,不過大概只有美國人才會相信。世界其他國家會看明白的,而他們也才是廣告的對象。美國的另一個反應,應該是會上馬載人登火;這下花真正的大錢不說,大概會死人了。

K.

2019-08-23 16:29:00

. 呃,我的意思就是,其他國家的精英不是傻子,他們早就明白,不需要等到中國載人登月來提醒他們,而其他國家的普通人,由於美國媒體掌控著他們的頭腦,中國載人登月也沒用 美國宣佈載人登火不需要真的實現,只是對沖中國載人登月的策略,只要再拖10-20年就好,過幾任總統取消,到那時根本不會有人在意

“

我對歐洲人的觀察是,他們會尊重這類和平的科技成就,例如去年嫦娥四號成為人類首次在月球背面著陸的飛行器,在歐洲(包括英國)的媒體基本看不到任何酸葡萄的言論,連一向仇中的群眾(例如Daily Mail的讀者留言欄)都是一面倒地讚好。載人登月比嫦四重要百倍,宣傳效果也會是百倍。

右先生

2021-05-21 18:17:00

央视新纪录片曝光的CZ-9发动机 CZ-9还是打算研发和制造12台500吨YF130液氧煤油发动机来实现2030年前载人登月呢,王博现在怎么评价这条线路选择呢?个人觉得造个6000吨的庞然大物送上月球也算是人类历史奇观了,广告宣传效果会不会强些哈哈

AbzX5

2021-05-21 19:36:00

这个问题留言里已经有人问过了. 本博客要求读者先读过往的文章和所有的留言评论, 切勿重复提问.

右先生

2021-05-23 19:40:00

哦抱歉，我看到那个回应了，要是重复了就劳烦博主或管理员删掉吧！（不过我想既然技术路线选择的细节出来了，在这个帖子下再谈谈或许不算犯规？）

AbzX5

2021-05-24 17:23:00

回复 12 楼, 我记得王先生的回复意思似乎是在说, 原来提前在美国之前重返月球有广告效应, 但是现在已经有抗击新冠, 探测器登陆火星和月球背面, 建立空间站等等成功, 已足够向欧洲广告中国的技术实力, 那就没有必要再急着去登月. 这个时候把昂贵的费用分摊成多年, 慢慢提高火箭技术, 实实在在稳步积累, 效果就比急着登月要有意义的多. 这个回复应该仍然适用吧.

AbzX5

2021-07-22 15:19:00

王先生对大陆最近发射的亚轨道重复使用运载器有何评论? 新闻说"可作为升力式火箭动力重复使用航天运输系统的子级"是什么意思? 是不是意思是完整系统是回收火箭 + 回收运载器? 之所以选择亚轨道飞行, 是不是亚轨道飞行重回地面的时候, 由于速度相对航天飞机小, 运载器的烧蚀小得多, 所以好做些?

“

這類科技的保密程度都是很高的，原因是它沒有什麼商業經濟效益，只有軍事和情報上的用途。我不喜歡胡猜，所以沒辦法細談；不過可以確定的是，絕大多數的網絡文章都是YY胡扯。換句話說，我不知道細節，但我知道那些人也不可能知道細節。如果最終目標就是亞軌道飛行，那麼可能是要驗證高超音速轟炸機（不過我對這整個技術路線並不看好）；若只是研發的第一步，暫時在亞軌道以驗證結構和飛控，那麼放大之後可以成為新一代的航天飛機，用來捕捉/回收人造衛星。

[返回索引页](#)