

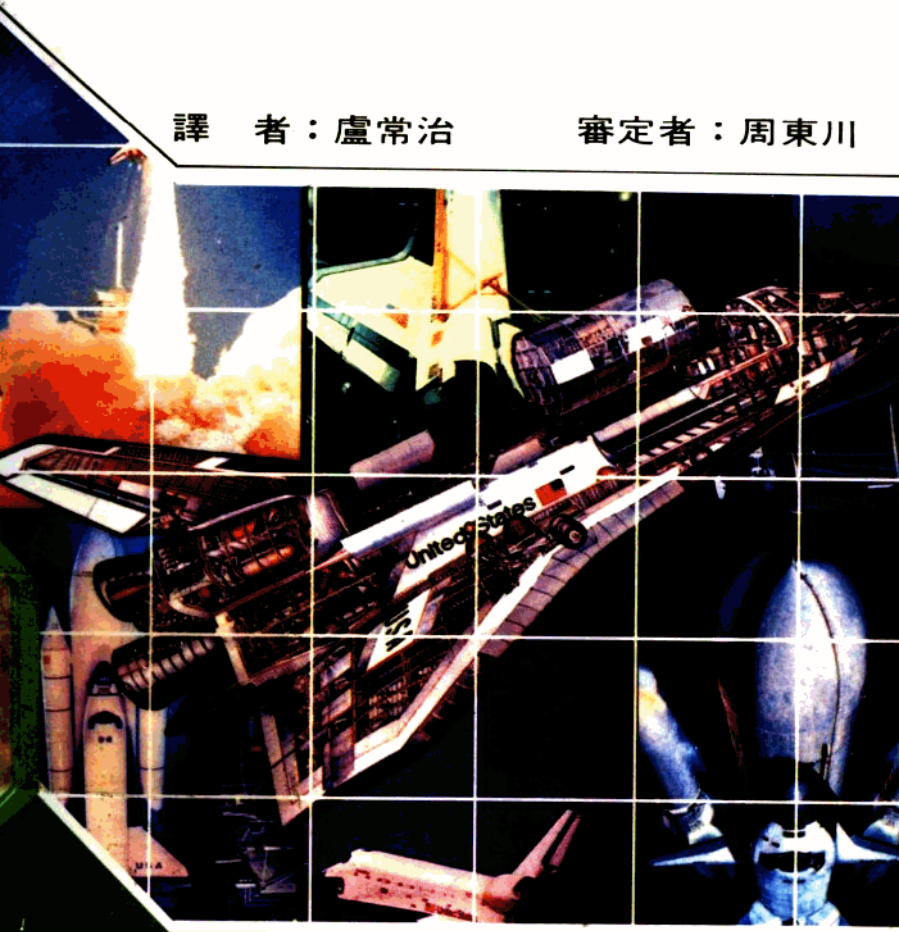
新世紀叢書

展開太空殖民時代的序幕

太空梭的科學

譯者：盧常治

審定者：周東川



銀禾文化事業有限公司



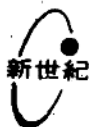
新世紀

060

新世紀叢書

太空梭的科學

銀禾文化事業公司印行



060

新世紀叢書

太空梭的科學

主 編：新世紀編輯小組

審定者：周東川

譯 者：盧常治

出版者：銀禾文化事業有限公司

發行人：陳俊安

地 址：台北市和平東路2段96
巷3-1號

電 話：7005420·7005421

郵 撥：0736622-3

定 價：新台幣90元

新聞局登記證局版台業字第3292號

1985年11月初版

圖版權所有·不准翻印圖

目 錄

第一篇 探討飛機的結構

第一章 飛機和火箭的飛行結構	1
----------------	---

第二章 太空梭如何飛行	51
-------------	----

第二篇 太空梭的使命

第三章 太空梭能達成那些任務	95
----------------	----

第四章 太空梭的利用	119
------------	-----

第五章 太空實驗室的太空實驗	135
----------------	-----

第三篇 以開發太空殖民地爲最終目標

第六章 向太空站的發展方向邁進	149
-----------------	-----

第七章 已經具體化的太陽能發電衛星	161
-------------------	-----

第八章 邁向太空殖民地的脚步	173
----------------	-----

第一篇 探討飛機的結構

第一章 飛機和火箭的飛行結構

大氣和外太空的差異

只看到電視上太空梭升空畫面的人，或許認為太空梭只不過是另一種型式的火箭；而另一方面，只看到太空梭返航畫面的人，可能又認為它只是一種飛機吧。在這裏我們先來解開這項疑問。

首先飛機和火箭的最大不同之處，就在於飛機係在大氣中飛行，火箭則在外太空飛行。那麼大氣是什麼？外太空又是什麼？區分大氣和外太空的方法因人而異，各不相同。雖然世界各國曾數度集會，想對大氣和外太空下一個明確的定義，以確定各國的領空權，但結果都徒勞無功。

至於人造衛星的所有權，則依目前宇宙國際條約上的規定，規定為「人造衛星的所有權，屬於發射國所有」，而世界各國也都承認這一項事實。因此，目前只能

2 太空梭的科學

說有人造衛星飛行的領域爲外太空，比這範圍低的地方，則稱爲大氣。

到目前爲止，人類曾利用氣球、火箭以及人造衛星等工具，從離開地面數百公里高的高空，對大氣作了不少的觀察，因此人類對於由季節或氣象的變動而改變的大氣平均狀態已經十分清楚了。所以美國得以於一九六二年公布了「美國標準大氣一九六二」這份資料，同時也訂定了標準大氣表。

根據標準大氣表，在高度達11公里之前，高度每上升1公里，氣溫將下降約 6.5°C 。由高度11公里處到20公里處的氣溫，則保持不變，爲 -56.4°C 。到這層爲止，稱爲對流層。

由高度20公里處到47公里處，氣溫將再度隨著高度的上升而上升，而47公里處到52公里處的溫度，又將保持不變，爲 -2.5°C 。這一層稱之爲成層圈。

比成層圈更高的地方，氣溫又再度隨著高度的上升而降低，到了80公里處氣溫將再度保持一定，由80公里到90公里處，氣溫保持在 -92.5°C 。這層稱爲中間層。

由中間層再上去，則氣溫又將隨著高度的上升而增加，在高度達700公里處，氣溫達 $1,230^{\circ}\text{C}$ 。由中間層到高度125公里的範圍稱爲熱層。在這層裏氧氣都呈分解狀態；而在高度250公里處，氮氣呈離子狀態存在。

而在高度 500 公里以上的地方，由於氣體分子將脫離地球引力的束縛，飄到太空中去，因此稱為逸出層。

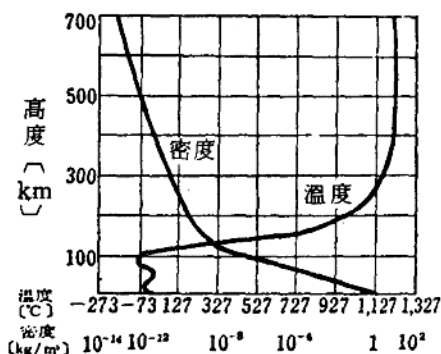


圖 1-1 氣溫、密度的高度分布情形

將大氣密度和標準大氣壓表的關係，加以圖表化，即成圖 1-1。它不像氣溫變化般複雜，密度只會隨著高度的增加而降低；在高度達到 120 公里時，密度只有 2.4×10^{-8} (kg/m^3)，也就是相當於地面大氣壓力的 10^{-9} 倍（一億分之一），這麼低的空氣密度，我們幾乎可以稱之為真空了。

雖然在圖 1-1 中似乎顯示大氣密度只是單純地隨著高度的增加而降低，但實際上大氣密度在對流層、成層圈、中間層、熱層中的變化情形，有極微妙的差異，這種差異可由圖 1-2 中看出。圖中實線部份為標準大氣密

4 太空梭的科學

度，點線部份則表示近似 $\rho/\rho_0 = e^{-\alpha h}$ 的情況。式中 ρ 為高度 h 時的大氣密度， ρ_0 則為地面的大氣密度值。

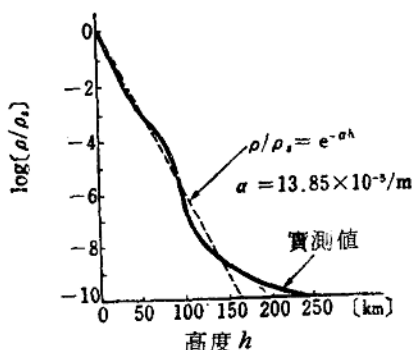


圖 1-2 大氣密度

飛機能夠飛行的高度極限為 20 公里。比 20 公里更高的高空，則由於空氣密度太低，以及由於空氣的密度太低，導致氧氣不足，使燃料無法充份燃燒，使飛機無法獲得足夠的浮力，因此飛機將無法飛行。

人造衛星則在大氣密度十分低，且無空氣阻力的 120 公里高空處飛行。因此運送人造衛星到如此高空的火箭，則必須同時具備了在大氣密度高的對流層，及真空的太空中飛行的能力才行。

雖然我們仍然無法很明確地區分大氣和宇宙（太空）的界限，但若我們將 120 公里以上的高空稱為宇宙，

則火箭可以說是我們目前通往宇宙的一座橋樑吧。

飛機和火箭的巡航有何不同？

我們假設讀者現在即將搭乘飛機。首先我們會搭乘公共巴士或機場專用巴士到飛場。在完成登機手續後，就可以登上飛機了。當飛機要起飛時，飛機上就會廣播，要乘客繫好安全帶，接著飛機將滑行到跑道的起點，並停在那裏。

一會兒引擎開始全速運轉，飛機開始慢慢地向前滑行。當加速越來越快，超越臨界速度 V_L ，而達到循環（Rotation）速度 V_R 時，機首抬起，飛機就離開地面了。

飛機繼續加速，也繼續上升。此時我可以看到位於機翼後面的副翼（flap）（增加浮力的裝置）慢慢向上升起，而飛機也在同時達到一定的速度。由此刻起，飛機將不再加速，而開始以一定的速度繼續上升。此時機內亮起可以解開皮帶的燈號，乘客也可以開始在機內自由地走動了。

飛機繼續上升，當飛機達到一定的高度，其中噴射機約為一萬公尺，螺旋槳飛機則約為3,000～6,000公尺前後時，飛機開始改為水平飛行。這種以一定的速度作水平飛行的狀態，即稱為巡航。

接近目的地的機場時，飛機開始降低高度及速度。

此時乘客再度回到自己的座位，並繫上皮帶，當飛機飛臨機場上空時，飛機開始盤旋，並將機頭對正滑道，開始準備降落。

接著飛機將副翼放下，並以保持 $2.5 \sim 3$ 度的角度向機場的跑道方向降落。此時乘客可以感覺到地面離自己越來越近，然後又感覺到機輪接觸到地面時的震動。此刻引擎也改向反方向轉動，飛機滑行的速度也越來越慢。至此，大家才算鬆了口氣，終於平安地降落了。飛機完全停止後，乘客開始在空中服務員的目送下走出飛機，然後搭乘公共巴士或機場專用巴士離開機場。

像上述般的起飛、上昇、巡航、降落、著陸等過程，若換成是火箭的話，又將是怎麼一回事？接下來我們就以雙子星載人太空船為例，來作一番說明。

首先，兩段式火箭被豎立在發射台之上，並在火箭的頂端，連結上雙子星太空船。發射升空前數小時，兩位太空人乘坐電梯，由太空船的艙門進入太空船內，並在進入艙內後，將艙門密閉。

經過數小時的發射升空前最後檢查作業後，就開始準備發射升空了。此時發射管制人員開始讀秒，緊張的氣氛彌漫了整個發射控制中心。五、四、三、二、一、點火——當控制人員發出點火命令的同時，火箭的前段引擎被點燃（發動），於是火箭在隆隆巨響之中，緩緩

上升。

四、五秒鐘之後，火箭整個脫離了發射台，並開始急速地加速。此時加速計上的指針急速地上升，於一百八十秒後，達 5 G （ G 為重力加速度的單位），此刻太空人感受到幾乎快被壓扁的壓迫感。

緊接著前段火箭的燃料就全部燒完了，於是火箭開始受到空氣阻力的影響，速度逐漸減慢，加速計上的指針也開始顯示負加速度了。接下來太空人感受到前段火箭脫離太空船的震動。離開太空船後的前段火箭，將落入海中。

二、三秒鐘之後，第二段火箭的引擎將開始發動。加速計上的指針再度開始指向正值。此時火箭的姿勢將開始傾斜，並逐漸和地球的表面平行。於發射升空四百秒之後，火箭的速度，將達到所謂的「軌道速度」。此刻的速度約為 7.8 km/秒 左右。此時第二段火箭也開始停止運轉了，太空船開始脫離火箭。

接著，太空船上的軌道操作用引擎被點燃，當太空船達到軌道速度後，引擎停止噴射。脫離後的第二段火箭，逐漸緩慢地向地球落下。

太空船調整離心加速度使與重力加速度成最佳配合狀態後，開始繞著地球的外圍作迴旋。這就相當於飛機的巡航狀態。

幾過數天的迴旋，並完成所有的太空任務後，太空人開始準備重返地球。

太空人利用太空船上的姿勢控制裝置，使軌道操作引擎的噴射方向，朝向太空船行進的方向，並使引擎向由水平面算起向下 $4 \sim 5$ 度的方向噴射，以降低速度。於是太空船開始脫離軌道，並緩緩地向地球降下。

接著太空船調整自己的行進方向，使太空船貼有隔熱材料的一面，朝向前進方向。太空船將保持這種姿勢下降，於 120 公里處，進入大氣層。當太空船進入大氣層後，由於和空氣產生磨擦，使隔熱材料的表面產生溶化，由於這種溶解氣化的吸熱作用，使太空船得到隔熱保護的作用。

當高度下降至 3 萬公尺時，降落傘張開，太空船降落於海面上。緊接著太空船上的浮囊會自動充氣，以避免太空船下沉。此時太空人將艙門打開，等待直升機來迎接。一會兒直升機飛來，載運太空人到航空母艦上，結束了全部的飛行過程。

由上述例子中我們可以發現，雖然飛機會經過起飛、上昇、巡航、降落、著陸等一連串的飛行過程，但是太空船則只有起飛、上昇、加速至軌道速度等過程是由火箭來達成，而其後由相當於巡航的軌道迴旋起，都是以太空船的姿勢控制裝置、及減速裝置來控制。

另外，飛機的巡航高度約為 2 萬公尺，巡航速度約為 700 m/秒，但太空船的軌道高度約為 120 km/秒，軌道速度則約為 7.8 km/秒。由這點來看，兩者也有很大的差異。

飛行時必須具備的力

前面已經將飛機和火箭的飛行領域的差異說明清楚了。接著來說明一下它們在飛行時分別需要利用到那一些力。

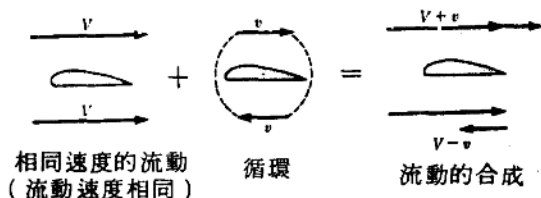


圖 1-3 貝爾歐伊法則及空氣流動的合成情形

由於飛機係在空氣中飛行，所以可將空氣的力活用到極限。它的關鍵就在巨大的機翼。如圖 1-3 所示般，假設有一股流速為 V 的空氣正在流動，則機翼上的空氣流速將增加 v ，而機翼下的流速，則將減少 v 。這是由於空氣在機翼上流動的距離大於在機翼下流動的距離，故若不使空氣在機翼上的流速，大於空氣在機翼下的流

速，則空氣將無法保持它的連續性之故。另一方面，我們也可以想像成空氣是以速度 v ，環繞著機翼在作循環。以相同速度流動的速度 V 和以循環速度流動的速度 v 的和，在機翼的上面，為 $V + v$ ，在機翼的下面，則為 $V - v$ ，根據貝爾歐伊法則，空氣流速較快的機翼上面之壓力，將小於空氣流速較慢的機翼下面之壓力，因此會產生舉起機翼之力，也就是所謂的「揚力」。

雖然由於空氣的流動會產生揚力，但同時也會產生阻礙飛行的各種阻力。阻力大至來說有三大類。一為由黏性所引起的磨擦抵抗，二為由於前後壓力之差，所產生的壓力抵抗，三為飛機在超越音速時產生的衝擊波抵抗。

空氣的黏性雖然比油或水的黏性小多了，但由於機翼非常巨大，因此空氣的阻力也就不可忽視了。通常機翼表面之空氣流速為零，隨著空氣離開翼面的距離越遠，流速將逐漸增加，當空氣離翼面十分遠時，流速將變成一個定速。

在這種有速度變化的情形之下，一般來說通常會由「黏性」產生反方向的作用力。這種作用力影響的範圍相當小，假定翼斷面為10公尺，則上述作用力影響的範圍只有數公分高，這數公分高的範圍，稱為境界層。而這種力就是由黏性引起的磨擦抵抗。

另外，若機翼對氣流採取大迎角的場合，或翼後緣部呈圓形時，氣流會產生剝離狀態。在此剝離的後端會產生旋渦，壓力也會下降，並產生極大的抵抗。這就是由壓力差所產生的抵抗。

最後當空氣的流速逐漸加大，接近音速（馬赫 1）時，空氣將被急速地壓縮，變成高能量狀態。由於要釋放這種高能量，於是會產生被稱作衝擊波的波。這是指由翼面起，向空氣施力，並常做能量的補充的情形。對這種波產生反作用的抵抗，就稱為衝擊波抵抗。

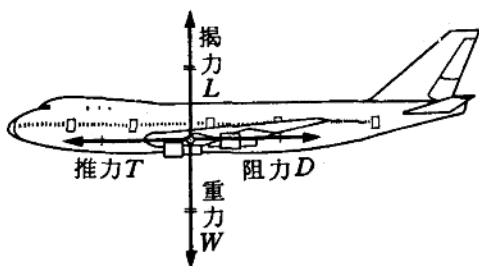


圖 1-4 飛機飛行時承受的四種力

因此飛機上就同時有揚力和阻力在作用。而以巡航速度做水平飛行時，必須如圖 1-4 所示般，同時具備有和重力 W 相同大小的揚力 L ，及和阻力 D 相同大小的推力 T 才行。

假設翼面積為 S ，則由流體力學的理論上我們可知：

$$L = C_L \times (1/2) \rho V^2 S, D = C_D \times (1/2) \rho V^2 S$$

C_L 、 C_D 分別為揚力係數及阻力係數，它們是隨著飛機所採取的迎角而變化。

當飛機要起飛及降落時，在改變引擎推力及改變速度的同時，飛機將改採最佳的迎角，調整揚力，以使飛機不至於墜落。

另一方面，由於火箭必須在大氣層外的真空狀態中飛行，且同時將太空船加速至軌道速度，因此無法利用空氣的力量來飛行。當然火箭除了在真空狀態飛行之外，更必須同時在大氣中飛行，因此也會受到空氣中的揚力或阻力的影響，當然這些力也會變成一種阻礙力。

為了盡量縮小這種力，因此火箭呈如圖 1-5 所示般，斷面積小，較不易產生空氣阻力的紡錘型。

火箭當然會受重力的影響。因此火箭必須具備足以抵消重力的引擎推力才行。這是由於火箭只負責將人造衛星及太空船送達一定的軌道高度，及付予它們一定的軌道速度就可以了，並不必要考慮做巡航飛行狀態時必須配合的各種力之故。

火箭引擎的力，將以下列順序產生。如圖 1-6 所示般，由質量 m ，速度 V 的火箭中，向後方以 V_{ex} 的速度，噴出質量為 Δm 的氣體。設此時火箭所獲得的速度增

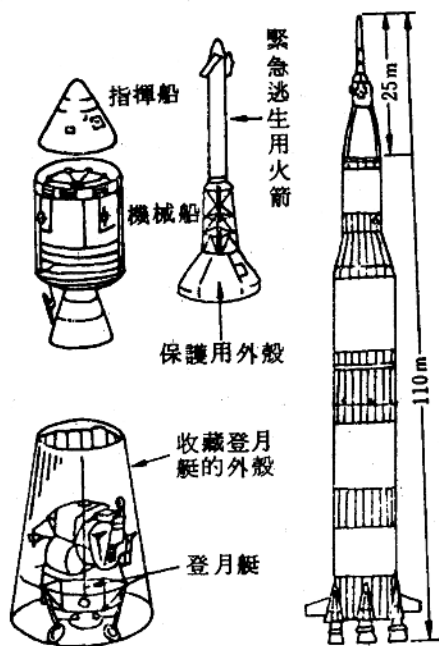


圖 1-5 阿波羅太空船及農神 (Saturn) 火箭

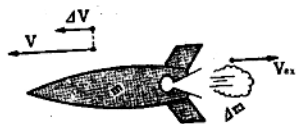


圖 1-6 火箭的推進原理