

Maxwell W. Hunter

THRUST
SPIN

征服太空

李 琳 譯

太空科學叢書

征服太空

(Thrust into Space)

馬克士威 W. 漢特二世 著

李

琳 譯

幼獅翻譯中心太空科學叢書之8

征 服 太 空

(*Thrust into Space*)

原作者：馬克士威W. 漢特二世

譯 者：李 琳

主編者：幼獅翻譯中心

出版者：幼獅文化事業公司

發行者：幼獅書店

印刷者：永裕印刷廠

臺北市武昌街一六八號

總經銷：幼獅書店

臺北市延平南路七十一號

郵政劃撥帳號二七三七號

中華民國五十九年八月初版

每冊訂價新臺幣二十五元

作者簡介

作者馬克士威W.漢特二世 (Maxwell W. Hunter, II), 於 1942 年獲華盛頓傑佛遜學院 (Washington and Jefferson College) 物理學及數學學士學位。1944 年獲麻省理工學院 (Massachusetts Institute of Technology) 航空工程碩士學位。以後, 加入道格拉斯飛機公司 (Douglas Aircraft Company) 為空氣動力性能小組 (Aerodynamic Performance Group) 中一員, 然後在飛彈空氣動力組任職 8 年, 負責尼克——埃傑克斯及海格力斯 (Nike-Ajax and Hercules)、麻雀 (Sparrows)、誠實的約翰 (Honest John) 及其他各飛彈的空氣動力設計。1956 年, 他昇為飛彈設計總工程師, 負責雷神 (Thor)、尼克—宙斯 (Nike-Zeus) 及其他等飛彈。1958 年任太空系統的助理總工程師, 負責所有道格拉斯飛機公司有關太空的發展, 包括德塔火箭 (Delta)、土星 S 的第四節火箭 (Saturn S-IV) 及其他火箭。1961 年任太空系統總工程師。1962 年, 他加入美國國家航空及太空署 (National Aeronautics and Space Council

- ）成爲一高級職員。1965年就任現職：洛克希德(Lockheed
- ）飛彈及太空公司研究發展部門的總經理及該公司副總裁的特別助理。

漢特先生是美國太空航行學會的學侶(Fellow)及美國太空協會會員。

作者原序

雖然我們一直稱推力 (propulsion) 爲太空探密之鑰，但却一直沒有抓到它的重點。要征服太空，必須先克服許多困難，有許多的技巧，像導航、通訊等問題，還要花費時日及精力去學習。但是，人類飛往那些遙遠星球的唯一困難，還是推力的問題，如果有充裕的推力，則任何導航及通訊的問題都可解決。否則，火箭船若無法將有用的酬載 (payload) 載往太空，縱有世界上所有的導航老手及通訊專家，也是無能爲力的。

無疑地，推力日後將成爲我們探密及開發太空之鑰，一旦我們能掌握、縮小及常規化導航及通訊等的技巧後，這就成爲太空計劃中一項固定價值 (fixed-cost) 部分，推力就左右着太空操作的經濟力。火箭船的大小及所載的燃料量，代表太空運輸的成本。太空探密到底是爲少數科學家及太空人找一個昂貴的運動場？或是爲全人類找一個新的領域？這要看太空推力的經濟條件了。

作者在本書中，不以推力設計家的觀點而以建築家的看

法來談推力。每一章以一特定的速度範圍爲重心，同時討論這段速度範圍內的飛行力學，以助讀者對推進系統的瞭解。飛行力學的智識是瞭解推進系統的基素。

本書以現代高級中學的學生爲對象，所以算式並不十分困難。目前，我們以大量的算式將很複雜的系統精簡地表現出來，這樣，在設計過程中固然方便，但却會使人不注意基本觀念。在現在這種複雜的技術化的世界裏，不論是學生或是從事這方面的工作人員，都必須清楚這中間的關係。

今天，我們正在實現一個兩千年來無休無止地驅使着人類去完成的夢想——進入太空。作者深信我們會以全力來克服實現這夢想的困難，所以本書討論的主旨着重於將來的推進器的能力，而非過去的推進器史。

感謝許多同事多年來對本書的有價值的討論及熱心的貢獻，就中以國家航空及太空署 (National Aeronautics and Space Council) 執行秘書愛德華C.衛爾斯博士(Dr. Edward C. Welsh) 的忠告及鼓勵最多，此外，還要特別向國家航空及太空署的查理S.謝登博士(Dr. Charles S. Sheldon II)、國家航空及太空管理局 (National Aeronautics and Space Administration) 的羅伯F.崔福先生(Robert F. Trapp) 及貝康印刷廠 (Bellcomm, Inc.) 的約瑟夫M.奚吉先生 (Joseph M. Tschirgi) 致謝，謝謝他們對本書的

幫助；最感激的還是內人愛倫曼玲 (Irene Manning) ，爲我的稿件打字、整理；她的幫助是無以估價的。

M. W. H.

征服太空

自從阿波羅十一號太空人登陸月球成功以後，使人類數千年來的幻想變成事實，確是令人興奮的事。太空探險，可以說是科學的綜合成就，牽涉到物理、生物、化學、醫學多方面，但其中有一項最重要也是最具關鍵性的作用，就是推力問題。倘推力問題不能解決，我們人類便無法將重以噸計高過數層樓的巨大太空船送到太空去。

要將一物體送到太空，首要條件是使此一物體的推力必須大於地球引力，要做到這一點，則其速度至少要達到每秒三六、七〇〇呎，即比第一次大戰時所使用的高射砲彈射出的速

度還要快過十倍（
後每秒爲三、五〇〇
呎）。否則，此一物
體便無法脫離地球重
力的影響，不能脫離
地球重力的影響，當
然也便不能直奔月球
。所以，動力，或稱
推力，更直截了當地
說，火箭，乃是太空
探險的基礎。

本書『征服太空』
，原名爲『Thrust into
Space』，主要即研
究火箭衝力的問題。
雖然是專家寫的，但
採用的是淺近的筆法
，大概以一個中學生
能够了解爲準，所以
這本書是中學程度的
青年讀物，讀了本書
以後，使你對偌大的
太空船爲何達到月球
會豁然開朗。

幼獅翻譯中心
太空科學叢書



幼獅翻譯中心主編

中華民國 台北市

幼獅書店印行

五十九年八月

目 錄

第 一 章	火箭的基本原理	1
第 二 章	礮兵火箭	24
第 三 章	軌道火箭及全球性火箭	52
第 四 章	月球火箭及早期行星際火箭	84
第 五 章	太陽系的太空船	149
第 六 章	星際太空船	203
第 七 章	展望	227
	符號表	231

第一章 火箭的基本原理

引 言

征服太空實在是一則人類創造高速的故事。人類跑步的最高速度為32呎/秒 (fps) ($60\text{哩/小時}=88\text{呎/秒}$)。張弓箭，箭速可達350呎/秒，這是人類憑藉肌肉所能達到的最大速度了。高射砲或第一次世界大戰中德製「巴黎砲」式的高速砲，其彈速較箭速高10倍，即3,500呎/秒。通常，洲際飛彈最大速率為23,000呎/秒，依軌道繞地球飛行的火箭速率為26,000呎/秒，若要完全脫離地球重力的影響，速率需達36,700呎/秒，約為「巴黎砲」彈速的10倍，由地球發射，脫離太陽系的火箭速率約為54,600呎/秒。

由於火箭的飛行任務複雜，其速度是分次逐加的，火箭設計者通常以總增值表示火箭的速度。例如火箭至月球，登陸後再返回地球，返程利用大氣層減速，這樣的火箭總速度約54,000呎/秒，較地球逃逸速度 (earth escape velocity) 大50%，雖然我們將討論到的速度還有比這速度更高的，但是我們應該記得，第一次人類達到地球逃逸速度不過在9年以前；1959年1月2日蘇俄的「奴力克一號」(Lunik I)

脫離地球重力的影響，在火箭達到這個速度前，天才們至少已努力了 700 年了。

火箭引擎的操作原理是先在燃燒室中製造高溫高壓，使膨脹的氣體以高速經噴嘴 (nozzle) 噴出，把熱能轉變成有用的力。燃料在燃燒室中燃燒，不斷製造高溫高壓的氣體，氣體經噴嘴噴出時，因壓力與溫度減少，熱能就轉變成速度，火箭船的衝力就是由這些排出氣體的後挫力所產生的。

所有的火箭都靠它們排出氣體的後挫力產生衝力，採用上述過程的火箭，不論其能源為化學的或原子核的，皆稱「熱火箭」。在第五章中我們將討論以用電的方法產生高速排出氣體的火箭。

槍 砲 (Guns)

想瞭解火箭的基本原理，可詳細檢視一具槍砲。當槍砲開砲時，火藥釋出化學能，產生高壓的熱氣體，氣體膨脹，推動炮彈至砲腔，同時本身的壓力及溫度下降。整個過程的發生非常快速，一枝新式的高速來福槍，這種過程僅 1 毫秒 (10^{-3} 秒)，並在 26 吋長的槍膛內產生 4,000 呎/秒的高速。

牛頓運動第三定律說：兩物體相作用時，作用力與反作用力大小相等，方向相反。這定律又稱動量守恆定律。用數學方式表示，當槍彈離開槍口時，槍身的動量與槍彈的動

量大小相等，方向相反。動量等於質量乘速度，故得下式：

$$m_G V_G = m_B V_B \quad (1-1)$$

m_G 爲槍身質量， m_B 爲槍彈質量，單位均用斯拉 (slug) (譯者註：一般習慣，質量用磅作單位，本書以後亦未使用此單位)； V_B 爲槍彈出槍口的速度， V_G 爲槍身後挫速度，單位均用呎/秒。

當槍彈與槍身受氣體壓力互相分開時，槍彈推動槍身，槍身也推動槍彈。槍彈離開槍口射進空氣時，槍身則受力而後挫。

力與能 (Force and Energy)

質量就是物質的量，牛頓運動第二定律說：力與質量（質量爲常數時）的關係爲

$$F = ma \quad (1-2)$$

a 爲加速度，單位用呎/秒²； F 爲力，單位用磅； m 爲質量，單位用斯拉。

由式 1-2 得到一種計算質量的簡便方法——在重力加速度下稱物質的量。一磅質量的定義爲在地球表面重量（受力）爲一磅的物質的量。由於地球表面的重力加速度因地而異（赤道處的約比兩極處的重力加速度小 0.5 %），故以 32.174 呎/秒² 爲標準值。在計測重量時，式 1-2 可寫作：

$$w = mg \quad (1-3)$$

w 爲重量，單位用磅； m 爲質量，單位用斯拉； $g_o = 32.174$ 呎/秒²。

換句話說，在標準重力場中，1 斯拉質量重（受力）爲 32.174 磅。爲了習慣，本書將以此標準重量來表示質量。通常，我們說一艘雷神火箭（Thor rocket）重 100,000 磅，而不說其質量爲 3,100 斯拉。

爲了免於混淆起見，我們將以 w 表質量的重，單位用磅，符號 m 則代表質量，單位用斯拉。雖然質量相同的物體在不同的行星上，其重量各不相同，但在本書中，我們採用的是地球標準重量。

能的定義爲做功的能力，當力使一質量抗拒阻力而移動時，此力與移動距離的乘積即爲力所做的功。故功與能的量度單位皆爲呎—磅。使物體產生速度，必須對物體做功，運動的物體具有能，其大小與對它所做的功相等，這種能稱爲動能，寫成方程式爲：

$$KE = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} \frac{w}{g_o} V^2 \quad (1-4)$$

KE 爲動能，單位用呎—磅。

由式 1-1 及 1-4 可得槍身動能與槍彈動能的比率爲：

$$\frac{KE_G}{KE_B} = \frac{V_G}{V_B} = \frac{w_G}{w_B} \quad (1-5)$$

KE_G 爲槍身動能， KE_B 爲槍彈動能，單位均用呎—磅。

雖然動量是平均分給槍彈與槍身，但由於槍身重量為槍彈重量的 500—1,000 倍，故幾乎所有的能量都分給槍彈了，我們試想，若非如此，則槍砲兩端的毀滅力豈不是相等了。

效 率 (Efficiency)

比較槍彈的能量與火藥燃燒所釋放的能量，可得槍砲的效率，釋放的熱能通常以 BTU/磅為單位，BTU (British Thermal Unit) 為英制熱量單位。有時也用克—卡/克作熱能單位。(1 克—卡/克 = 1.8 BTU/磅)。能量可由一種形式轉變成另一種形式，機械能與熱能互換的熱功當量為 778 呎—磅/BTU。新式的無煙火藥所釋放的能量約為 1250 克—卡/克，等於 1,750,000 呎—磅/磅，或 250 呎—磅/喱。
〔喱 (grain) 常作輕武器的火藥及子彈等的質量單位，7000 喱 = 1 磅〕

一般說來，火藥佔槍彈重量的 40% 時，槍彈的槍口速度約可達 3000 呎/秒，即槍彈每喱約有 20 呎—磅的能量（見公式 1-4）。槍的效率，一般均為 20% 左右，其他的能量都消耗於槍彈與槍膛間的摩擦、趕出槍膛中的空氣、或成動能及熱能形式隨火藥氣體而洩出。