

火箭與航行學

亞·西·克拉克原著

惠 民 譯

中國科學圖書儀器公司

出 版

13.225/1

星際航行與火箭

INTERPLANETARY FLIGHT

(An Introduction to Astronautics)

A. C. Clarke 原著

惠 民 譯

中國科學圖書儀器公司

出版

內 容 提 要

本書是一本預測將來可能在宇宙間航行的小冊子。全書共分十章，並有一個數學附錄。書中敘述的內容並不是神話而是有科學根據的基本概念和問題。引用的數值也不是憑空設想而是根據物理學定律求得的，這些物理學和數學問題的解釋，另在附錄中說明。本書附有極新穎和珍奇的插圖，以供讀者觀摩。

本書可供一般讀者閱讀。

星 際 航 行 與 火 箭

INTERPLANETARY FLIGHT

(An Introduction to Astronautics)

原 著 者	Arthur C. Clarke
原出版者	Temple Press Ltd., England, 1951
譯 者	惠 民
出版者	中國科學圖書儀器公司
印刷	上海延安中路 537 號 電話 64545
	上海市書刊出版業營業許可證出〇二七號
經 售 者	新 華 書 店 上 海 發 行 所

★ 有 版 權 ★

AE. 7—0.10 79千字 開本:(787×1092) 1/32 印張: 4.375
定 價 ¥ 0.52 1955年3月初版第1次印刷 1—4,500

譯 者 序

誠如原作者所說，宇宙航行學⁽¹⁾是未來的科學，但它的基礎理論却早已建立並在不斷地進步之中。在這方面，已逝世的蘇聯喬闊夫斯基(或采奧爾柯夫斯基)教授留下了極其寶貴的關於火箭及星際航行問題的經典著作。他所提出的結論及建議，直到今天還在研究與發展之中。

至於宇宙航行(或星際航行——行星間的航行)，到底給人類社會帶來些什麼改變以及對於人們心理上思想上的影響如何，倒是值得考慮的。譯者想介紹讀者看 1954 年第四號“保衛和平”雜誌中“在公曆二千年時的原子船上”一文，作者也就是本書的作者。

翻譯星際航行的書籍不能不算是一個嘗試。書內的譯名儘量遵照已有的名詞，有些則附加原文。在本書內往往將宇宙航行——星際航行以及宇宙船——火箭等名詞當作同義語來使用，雖然其中有着差別，但那也屬“未來”之事，目前不妨同樣稱呼。書內有括弧的句子或詞是用來說明或補充上下文中意思的。

原書內有歪曲事實以及對讀者無關緊要之處，都儘量改正或刪去不譯，這一點主要是在於第一章之中。譯者對此是應負全

(1) Astronautics

責的。

書內所有曲線概由明道和考德同志擔任繪製。他們在暑天中揮汗從事此項工作，應在此致以謝意。此外，由於譯時倉促，復蒙編輯先生指出疏誤若干，得以重新校正，亦一併致謝。

宇宙航行學牽涉範圍甚廣，譯者理解甚為有限，錯誤之處請讀者指正。

惠 民

作 者 序

本書是爲了就目前所能預測的來探討宇宙航行這個問題的可能性而寫的。雖然宇宙航行學這門科學是屬於未來的科學，但它的許多基本概念仍未因時間而改變。它們絕大部份的基本技術已在萌芽之中。例如星際航行的時間及速度可用相當簡單的方法來計算，無須顧及用何種物理方法來完成這個航行。

本書貫徹着作者的一個企圖，那就是使內容爲量的而不是質的敘述，寫出正確的數值及大小而不是空泛的概念。雖然如此，幾乎所有的數學問題仍在附錄中註明，希望受過淺近數學及物理學訓練的讀者不會感到過分困難。讀者如要迅速了解本書大概，免去技術上的研究，作者建議先讀第一、八、九、十等四章。

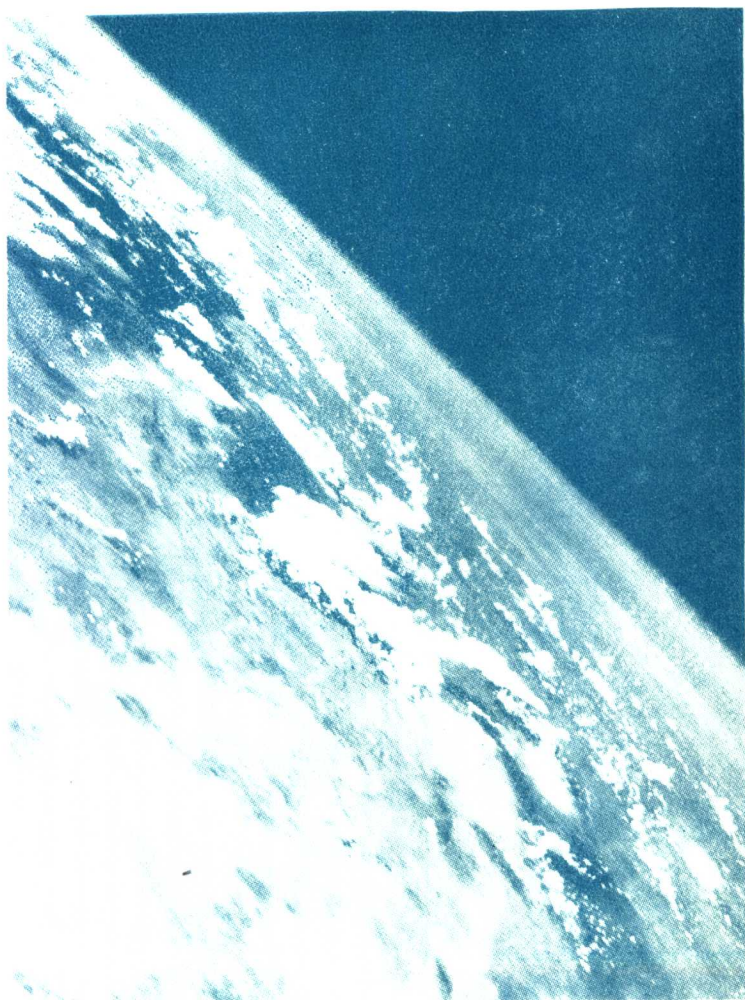
寫這樣一個题目的嘗試與其說是從工程上着手還不如說是從天文上着手的好。作者對克利弗⁽¹⁾先生評讀原稿以及不斷地使作者多少體會到一些工程師遇到星際航行問題時——如處理上千噸液體氫氣問題時的意見，是要致以謝意的。（下略）

亞·西·克拉克

(1) A.V. Cleaver

二 版 附 記

二版時將一些誤排的插圖及錯字已作了改正。在第六章中對於星際航行中轉移速度的問題作了更充實的補充，其餘內容未變。



到空間去的道路(從57哩高空俯視地球)

目 錄

譯者序

作者序

第一章 歷史的回顧 1

第二章 地球的重力場 4

脫離速度 環繞速度 其他的軌道 總結

第三章 火箭 15

基本原理

第四章 用火箭脫離星球的問題 27

速度的要求 多級火箭 軌道加油

第五章 地球至月球的航行 39

速度的要求 質量比的要求 過渡中的時間

第六章 星際航行 49

太陽的引力場 星際航行的軌道 燃料的要求

第七章 原子火箭 65

理論的根據 實際的考慮

第八章 宇宙船與宇宙航行站 77

宇宙船 宇宙航行站

第九章 次要的問題 93

宇宙航行的心理問題 宇宙線 宇宙航行衣 流星

宇宙間的領航問題 通訊

第十章 未來的邊疆	105
月球 火星及金星 外圈的行星 水星及冥王星	
數學附錄	120

第一章 歷史的回顧

人類對宇宙航行的夢想就如對飛行的夢想一樣悠久。的確，過去的不少世紀中，這兩個問題都神秘地困惑着人們。有人相信，假如一個人能飛，那麼也許他能飛到月球或太陽上去。在伽利略與牛頓時代以前曾有過這種想法，那時古老的宗教宇宙觀仍在支配着人民。月球是非常遠的，但很難遠過歐洲人心目中的印度與中國這樣神秘的東方國土。宇宙之大仍不能領會，即使像支持着航空器飛行的大氣層圍繞地球的厚度是不大的這一事實也是不知的。由於對事實了解得太慢，使得“航空學”與“宇宙航行學”在二百多年來一直相隔着很大的一段距離，直到如今這二門科學才算開始靠攏。當十七世紀時，科學界的名人固然也能高談闊論一些上月球去的問題，但以後新的知識使一些早期的熱心家望而生畏，星際航行祇成了幻想及諷刺小說的題材而已。

隨着廿世紀的來臨，當人們看到氣球與苦心鑽研的飛機飛行成功以前，情況和過去沒有兩樣。等到人們征服了天空，使一些有理想的科學家又重新回到古老的夢想中去，想從新的技術成就中尋找實現宇宙航行的道路。

由於科學進步，這個問題能正確地用數學及試驗來着手解決了。首先進行研究的是俄國的克·埃·喬闊夫斯基⁽¹⁾ (1857 ~ 1935)，他是近代噴氣推進技術與火箭的創始人。在他以後，有美國的哥達⁽²⁾與在羅馬尼亞的奧培爾脫⁽³⁾同時獨立研究。著名的法國工程師彼爾泰利⁽⁴⁾則在第一次世界大戰以前曾研究過這個問題。

第二次大戰中法西斯德國利用了 V-2 (即 A-4) 火箭，雖然在戰略上並不會成功，但對星際航行却提供了道路。由於技術上的另一成就——原子能的釋放——更鼓舞了對星際航行有着美好理想的人們。原子能提供了征服空間的動力來源：發動機是已經存在的，將它與原子能結合起來祇不過是時間上的問題——也許不會太久。

議論星際航行的人現在很少有不同意火箭能用作空間探險的工具的(然而還是有些持悲觀論調的人存在。必須記得，如英國盧德福助爵並不相信原子能可以釋放，德國的赫芝對電磁波作為通訊工具一事竟嗤之以鼻!)。看來，問題爭辯的焦點似乎是實現星際航行所須時間的問題，但是，無須懷疑(雖然不完全如此)，今後五十年內許多星際航行學的基本問題定可得到解決。本世紀之初已征服了天空，很可能在同一個世紀內看到首次往鄰近行星的探險。

(1) K.E. Tsiolkovsky

(2) Robert. H. Goddard

(3) Hermann Oberth

(4) Robert Esnault-Pelterie

宇宙航行學在今天的地位，很像十九世紀時飛機發明以前飛行學的情況一樣。那時一切基本的飛行原理已被指出，祇要加以應用就是了。世界上第一架飛機是由個人的精力與財富來完成的（第一架飛機是由俄國的莫扎依斯基建造並於 1882 年飛行——譯者註）。但第一只“宇宙船”——航行於宇宙空間的“船”——却要耗費舉國的財富，它與飛機飛行相比更是困難重重。雖然如此，事實上目前致力於火箭的研究，其人力物力與早期航空所能利用的相比，已是不可同日而語。

從今日的研究工作中（雖然其中大部分是秘密的）可以看出，如火箭不是用作摧毀人類文明的工具，那我們就會早日實現上星球去的願望。

在今後的幾世紀中，火箭應用在科學研究、軍事武器與人們生活中的地位是越來越重要了。不過，這些“局限性”的應用僅是其最後使命的一個準備、一個前奏曲罷了。火箭以後所起的作用會使原來的爲之失色。在地球上，火箭無非是另一種形式的交通工具而已，但在宇宙空間，它是唯一的使天下成爲一家的工具。舊的界限將要消失於歷史的陰影之中，新的文化將樹立根基。

這是一個美好的夢，現在剩下的是要在探討通往實現星際航行的漫長道路上前進了。

第二章

地球的重力場

脫離速度

人仍是一個平面的動物，他能在空中旅行的距離是微不足道的。因此難怪以往有種種關於重力的奇怪想法，其中最普通的是重力或多或少可突然的在離地球以外某處消失。常常聽見“超出地球重力以外”之類的話，就是反映着牛頓時代以前的想法。

嚴格地說，空間沒有一處是“超出地球重力以外”的。地球的重力（地球對物體的引力）與離地球距離的平方成反比，在無窮遠處才減至零。目前火箭所能達到高度處的重力，約為海平面重力的百分之九十。要使重力減半，必須上升至 2,620 公里（1,630 哩）的高度。

在天文距離內重力却是減得很快的，如圖 1 所示。在某些具體條件下，地球的重力如超出某一個範圍後實用時便可忽略不計。我們往下便會看到一個離地球很近而具有高速運動的物體所受地球重力的影響遠小於遠處動得很慢的物體。所以地球不能捉住在大氣層外以 50 公里/秒速度躍過的流星，但它却可吸

引住遠隔千萬里外的月球(速度 1 公里/秒)不放。

由於使一個單位質量的物體抵抗地球重力垂直上升所須做的功是力乘距離。於是,在相同的距離中,所做的功隨着圖 1 的 g 曲線(g 是地球的重力加速度)因高度增加,而依平方定律減少。

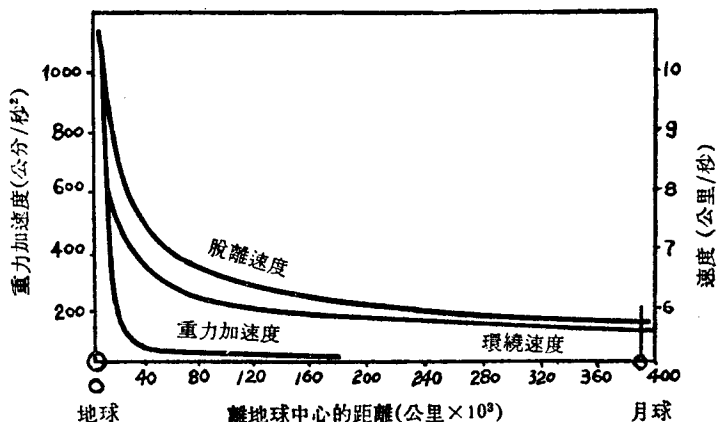


圖 1 重力加速度,脫離速度與環繞速度-離地球中心距離的曲線

離地球中心十倍地球半徑的地方,使一個物體垂直上升一定距離所須做的功,祇有從海平面處上升同樣距離所須做的功的百分之一。使單位質量從地球表面上升至無窮遠處所須的能量 E (所謂無窮遠處實用上也就是相當於可以忽略地球重力作用的地方),顯然的與圖 1 中 g 曲線下的面積成正比。積分後(見附錄)得到令人驚奇的簡單結果:

$$E = gR, \quad (\text{II. 2})$$

式中: g 是地球表面的重力加速度,等於 981 公分/秒² 或 32.2

呎/秒²； R 是地球半徑(6360 公里或 3960 哩)。

這個公式對於舉起或拋射一個物體，使它完全脫離地球所須做的功有了簡單的概念。爬升一哩高所須的體力(能量)是在一般人的經驗之中。一個阿爾卑斯山的嚮導者也許認為祇要半天的功夫。目前的一架噴氣式飛機能垂直爬升至 10 哩高度處，當它的燃料用完前並能重覆地做好幾次；而法西斯德國的 V-2 火箭能上升至 100 哩以上，但(II. 2)式却說明了脫離地球須在海平面的重力作用下爬升一個相當於地球半徑的高度。

這個簡單的法則以後要經常提到，對於行星與有重力的天體都是適用的。舉一個「並非學究氣」的例子，例如要從太陽上脫離。因太陽的半徑及重力為地球的 109 及 28 倍，因此要脫離太陽幾乎要垂直爬升 $109 \times 28 \times 4,000$ 哩或 12,000,000 哩(約 20,000,000 公里)。同樣，脫離太陽系中的任何一個行星，所垂直爬升的高度也可算出。

我們處於地球表面的情形，最好用一個譬喻來說明，對於今後的討論所起的作用也是極重要的。由於從地球脫離，等於垂直爬升 4,000 哩的高度，我們可以想像自己是處於一個有 4,000 哩深的山谷之底。要脫離地球，就得從谷底向上爬出。這個山谷的谷壁起初是很陡的，但因地球的重力場不斷減弱，於是谷壁慢慢的由垂直而變為傾斜，爬起來也漸漸容易。爬升了很大的一段高度後(相當於離地球好幾萬哩)谷壁愈來愈近乎平坦，直到最後實際上成了一片“平原”，再用不多的能量就可以到任何

地方去。

這個想像的“重力谷”描在圖 2 上。它表示離地球約 300,000 哩 (500,000 公里) 的範圍之內由任一點出發至無窮遠處所須做的功。應當想像這張圖的曲線是立體圖的剖面，立體的形狀如一只高脚酒杯的杯腳：其截面的曲線是正雙曲線，由方程式 (II.3) 決定。

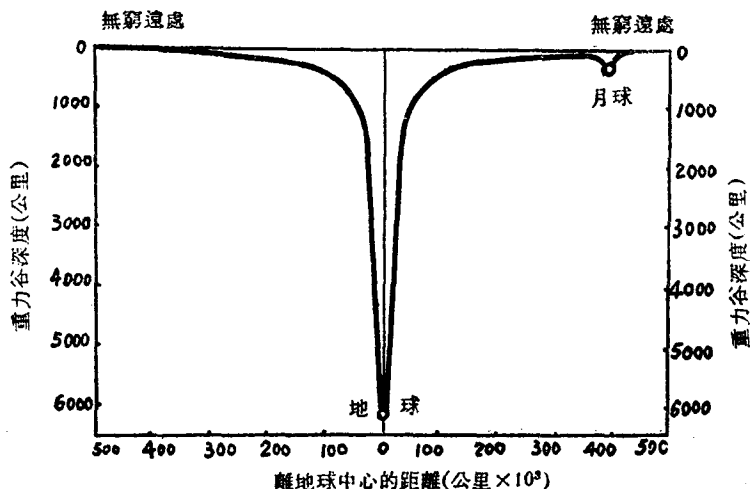


圖 2 地球-月球系統的位能圖

同樣，其他的天體也有它們自己的類似的重力谷。例如我們知道太陽的重力谷有 12,000,000 哩 (20,000,000 公里) 深，月球的祇有 170 哩 (280 公里) 深。在圖 2 上不過是地球重力谷“平原”上的一個凹痕而已。可見脫離月球較地球容易得多。