

Edward Hymoff
GUIDANCE & CONTROL
of SPACECRAFT

太空船的
控制與導航

江紀成 譯

太空科學叢書

太空船的控制與導航

Guidance and Control
of
Spacecraft

愛德華·海莫夫 著

江 紀 成 譯

幼獅翻譯中心太空科學叢書之 5

太空船的控制與導航

(*Guidance and Control of Spacecraft*)

原作者：愛德華·海莫夫

譯者：江紀成

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：大藝印刷廠

臺北市環河北街七十九號

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

中華民國五十九年四月初版

每冊定價新臺幣二十五元

作者簡介

愛德華·海莫夫 (Edward Hymoff) 生於美國麻省波士頓城，波士頓大學學士，哥倫比亞大學俄國學院 (Russian Institute at Columbia University) 碩士。

在 1958 年間，他曾化了六個月的時間，在鐵幕後，從事寫作資料的搜集；其中有兩個月在蘇俄，訪問了很多俄國的傑出太空科學家。

海莫夫先生是一位傑出的飛行員，他尤長於寫作軍事及太空方面的文章。在一些職業性的團體裡，像航空寫作協會 (Aviation Writers Association)，美國航空及太空學會 (American Institute of Aeronautics and Astronautics)、國家記者俱樂部 (National Press Club) 等，海莫夫先生都是其中極活躍的一份子。

他是「沙漠空戰」(The Desert Air War) 一書的著者；也是「任務」(The Mission)——一本描寫詹森總統在第二次世界大戰中締造功蹟的書的共同作者。他在雜誌上曾發表過一千篇以上的文章。海莫夫先生是 1956 年航空及太空作家寫作獎金的得主。「任務」一書，由寫作獎委員會 (The Writing Awards Committee) 選作為「優秀寫作中

的傑出例子」(“Outstanding example of excellence in writing”)。

原 作 者 序

自從人類進化到具有好奇意識的生物，就有了旅行的慾望——想到某地去，想到另一個不知道的地方去。

現在，二十世紀的人類，站在一個新的，太空時代的起點，展示於人類面前的是一片無窮無盡的、新的領域。那末，人類將走向太空的何處？這個問題的答案，只有留待將來才能解答；因為我們知道宇宙是無限的。今天，太空對人類來說，還是一個充滿了敵意的環境，就如同世界對我們的祖先是一個充滿了敵意的環境一樣；在他們跋涉穿過一片沙漠、爬過一座山嶺、渡過一片海洋時，到處都充滿了危機。

然而，人類終究發展出了許多的方法，導引着自己走向相距遙遠的目的地，這些所謂的「導引系統」是生物體與機械的結合。「導引系統」的進步與發展，使人類由穴居人（Caveman）進化到具有高度技能的人物，例如「飛行員」、「太空人」（“Astronaut”）及「宇宙人」（“Cosmonaut”）等。

一本討論關於人類控制、導引太空船的書籍，必須由那些演進到廿世紀的人類的早期人類開始。在人類的歷史上，他們曾經征服過當時他們所知的「太空」——海洋、沙漠、

平原、山脈以及天空和海底。當時所有的這些，就如同今日的太空對於我們一樣。

爲了能在地球的表面、海底、天空等這些個「太空」中旅行，人類建造了各種工具，例如依賴獸力及風力來行駛的車輛、船筏；氣球、滑翔機以及機械動力的車輛、船隻、潛艇、飛機，最後還發展出了火箭。即使人類本身，也是一艘太空船——一具裝有頭腦的軀體，也就是「導引系統」，他承繼了歷史，想出了各種方法，由一地走到另一地去——走向他的目的地。人類，過去是，今天還是一具導引系統。人類的想像力與天才發展出各種的產物，幫助他走向他的目的地。

人類早已知道怎樣利用地標、太陽、月亮及星座，作爲行旅的指引；同時還發展出了工具，作爲他們航行導引的幫助，這些工具——像六分儀及迴轉儀，今天我們還在應用着。

在1957年的10月4日，太空時代來臨了，第一枚人造的物體，成功地由地面發射進入了繞地而行的軌道；從此「斯潑尼克」(“Sputnik”)這個名字進入了我們的字典，從此，科學家們也開始面對着許許許多多的新問題。在這些許多問題之中，怎樣把一飛車送入太空，再把它收回來？怎樣使飛車航向月球，再怎樣回來？是其中的一個。

這些問題，實際上是同樣的一個問題——怎樣控制及導引太空船。爲了明瞭這些問題，讓我們由頭說起。

作者撰寫本書，由馬丁·凱丁(Martin Caidin)先生處得到大量的參考資料，謹向他致最大的謝忱。其他，斯佩瑞迴轉儀公司(Sperry Gyroscope Company)的肯·伯明翰(Ken Brigham)先生，亨利威公司(Honeywell Corporation)的傑姆斯·波特菲爾德(James Poterfield)先生及佛勒·馬斯尼克(Forler Massnick)先生，應用電子公司(Applied Electronics Corp.)董事長，塔虎脫·羅素博士(Dr. Taft Russell)的惠賜協助；巴納德·波克特(Bernard Pokat)先生以專家的身份，就航海導航方面的協助以及許多在國家太空署中的朋友們，由於他們的努力，我們的赴月飛行方有實現的可能。

目 錄

原作者簡介	1
原作者序	3
第一章 原始人的導引系統	1
第二章 早期的飛行導航	9
第三章 現代船隻的航行	19
第四章 火箭的動力與飛行原理	24
第五章 航行學	31
第六章 迴轉儀原理	40
第七章 慣性導航系統	45
第八章 慣性導航系統與電子計算機的 運用	54
第九章 彈道	60
第十章 水星計劃	76

第十一章	雙子星計劃	100
第十二章	太陽神計劃	130
第十三章	無人衛星	160
第十四章	載人作軌道運行的太空實 驗室	176
第十五章	未來的展望	184

第一章 原始人的導引系統

數萬年前，我們的遠祖，偶而因受到好奇心的驅使，想看看另一個山谷的青草，是否較他們自己穴居附近的青草更青、更綠而遠離了他們自己所居的洞穴。原始人開始應用他們高度的智慧，在行程中或堆上一堆石頭，或在樹幹上剝下一塊樹皮，或在地面上刮上一刮，做為他們行進的記號。

不管原始人應用那種方法作為他們之間來往的方法，我們知道一定有某種「標幟」存在——我們也可以說這些標幟就是我們人類首先寫出的文字；他們應用這種標幟作為他們返回洞穴或稍後期的村落的一種指標。當原始人能夠作較長、較遠的旅行，他們開始知道去注意地形、地物——像樹木、小山、懸崖、突起的岩石與山峯。由這些不同的地形地物，他們方能找到返回部落的路徑。

當原始人知道應用木筏或獨木舟在河流中航行，河流自然就成為他們來往目的地的指引。當他們知道航海，目所能及的特殊地物就成了他們注意的焦點，因為唯有這些特殊的地物才能引導他們返回他們的家中。

原始的部落漸次演進而形成國家，而人類的進步也使人類的活動範圍不僅局限於一地；開始作較長久的、數百英里的旅行。人類的第一個商隊該就是利用太陽、星辰作為他們旅行的指引的。在北半球，北極星（North Star）——或稱極星——就是旅人的指星，旅人們把它在天空的位置記註下來，也開始把他們所知的地球註記下來。

人類自己實在是第一流的全能的導引系統；人類利用看、聽、嗅、觸以及發聲的本能，加以心智的調合，緩慢而確定地建立了有助於行動的導引系統。人類的第一艘船可能就是一段飄浮在河面或湖面上的樹幹，靠着一支木頭他們學到怎樣導引飄木的流向。後來，人類開始利用木材建造船隻，並裝上槳櫓；利用槳或櫓划水使船隻在水面上運動。這該是人類應用流體力學（hydrodynamics）的嚆矢，流體力學也是日後人類用以研究飛行的原理。再過了一些時候，人類開始知道，除了利用槳、櫓外，還可利用風力以鼓動船帆來推動及導引船隻的航行。雖然在人類早期的語彙中，並無「導引」和「控制」等字眼，但人類却永不停息地使用並改良「導引」和「控制」的方法，來幫助自己，俾能作長距離的旅行。

早期原始人所用的標幟，以後就發展成了地圖。人們將自己所熟知的地方畫在圖上；記下形狀、地物、樹林、河川



圖 1—1 原始人利用地物地形作返回所居洞穴的指引

沼澤湖泊、山脈以及海岸線等。這些早期的地圖把人們期望到達的地方都畫成兩種景像，其一是地平景像（ground level view），另一則是把自己想像作飛鳥俯視地面的鳥瞰圖。

直到羅盤的出現，人們習用的是推測航行法（dead reckoning），這種航行法也就是日後飛行時代（age of flight）中所謂的「逐點航行法」（Seat the points flight）。數世紀以來，航海家應用推測航海法在四顧茫然的大海裡

、在濃霧蔽天的壞天氣中行駛他們的船隻。這種方法也就是利用太陽、月亮及星辰來確定船隻的航向，使船隻朝向預定的目的地行駛。

以後，時間也漸漸變成了「控制」和「導引」的一個因素。人們最初是依靠岩石或樹枝的蔭影位置來確定時間的。他們看到某一熟知東西的蔭影位置落在那一點時，就知道在日落前，能否趕回他們的洞穴或部落。他們也知道唯有在白天才能出外旅行。這種知曉時間的能力也給予他們很大的幫助來瞭解日落與日出的方向。這種方向的觀念對他們旅行的導引有極大的助益。

原始人把一支木棍插在地上，建造了第一個粗陋的計時裝置，立棍成蔭影的作用猶如一個日晷，這種蔭影的隨時移動，也助長了他們的方向意識。

自有史以來，地球上出現生命時起，生命有機體的觀感意識始終引導着他們的生存與發展。動物以及人類利用他們特有的觀感本能才能行動；往返他們的居所。所以生物體所具有的頭腦實在是最初的也是最基本的導引系統，在今天還是人類或其他具有移動能力動物的導引系統的根本。

人類依賴天體、日、月、星辰作為航行的依據的數千年過去了，才發明了羅盤作為決定方向的工具。羅盤能指出方位是依靠一支小小的磁鐵或磁針，平衡支架在一直立的支柱

上；能自由地水平轉動。羅盤的指針永遠指向地球磁場的方向，在羅盤上有度(degree)的刻劃，以指出地與地球磁場的相對方向。世界上第一個羅盤的出現大約在 700 年前。

羅盤出現後，隨之而來的是六分儀 (Sextant)，第一只六分儀的完成約在 400 年前。六分儀是用來度量天體 (Celestial Object) 距地面的角距 (angular distance) 以測定天體高度 (altitude) 的儀器。天體的角距隨觀測者的位置與觀測時的季節不同而變化。十七世紀的探險家們開始應用這種方法來測定他們的船位。

人類的心智與能力不斷的進步，導引着自己航行過遼闊的海洋，促成了新大陸的發現。

第二章 早期的飛行導航

能夠到地球上未知的地方去，能夠飛行，是我們祖先們的夢想。在基督降生前的三百年，中國人已開始利用風箏把軍事信號送上天空。古時中國人與希臘人甚至還有利用風箏把人帶至空中，離地幾尺的紀錄。

然而，我們祖先們的飛行夢想始終無法實現；像鳥類般地上升、滑翔、關節間優美完全配合的翱翔，却是人類無法模仿的。他們曾有人試過自高塔上跳下，用力地拍擊着捆绑在身上的翅膀和尾巴，想學飛鳥般的飛行，結果却跌得粉身碎骨。

十三世紀牛津 (Oxford) 的哲學家羅吉·倍根 (Roger Becan)，以及三百年後的達文西 (Leonarodo da Viniei) 曾寫出撲翼飛車 (Wing-flapping Vehicles 或 Ornithopter) 的故事。撲翼飛車是為使人能像鳥般飛行而作的設計，但却未能成功。達文西還作了降落傘和轉翼 (rotary wing) 飛車的設計。這該是人類第一次飄浮在奇異的空氣的海洋裡。人類開始默想浮力，天空中飄盪的浮雲、輕烟以及火星為甚

麼會上升。義大利的耶穌會士佛朗西斯哥·狄·拉那

(Francesco de Lana) 設想了一隻氣船 (arcial boat) 懸掛在四隻直徑為 20 英尺，外壁非常薄的大銅球下，利用抽出及灌滿空氣的辦法，以控制氣船的上升及下降。狄拉那不承認空氣的壓力是使「氣球」破碎的原因；他以為是上帝不讓他的氣船飛行，「因為這樣會使人類的文化與政治造成騷動。」

在狄拉那造氣船後的一百一十三年，法國的蒙特戈費兄弟 (Montgolfier brothers) 終於在一七八三年利用燃燒木炭所生的烟及熱空氣，成功地使一隻氣球飛了起來。三個月後，在法國國王路易十六的面前，第一次把有生命的物體——一隻鴨子、一隻公雞和一隻山羊，升上了天空。由於這次的成功，法王路易十六把一個判處死刑的罪犯作人類首次「飛行」的試驗，但是國王的歷史學家狄·羅吉 (Jean Francois Pilatre de Rozier) 却志願請求作「人類的首次飛行」。在一七八三年，十月十五日，狄·羅吉成為歷史上的第一個飛行員。但不幸的是兩年後，在一次飛行中，他因所乘的氣球突然破裂，自 3,000 英尺的高空跌下而死。

一七九三年，法國政府組織了第一支空軍，法國大革命戰起，革命軍以繫繩氣球 (tethered balloon) 作為軍事觀測之用。在曼堡 (Manberg) 被荷蘭及奧地利軍隊包圍的時