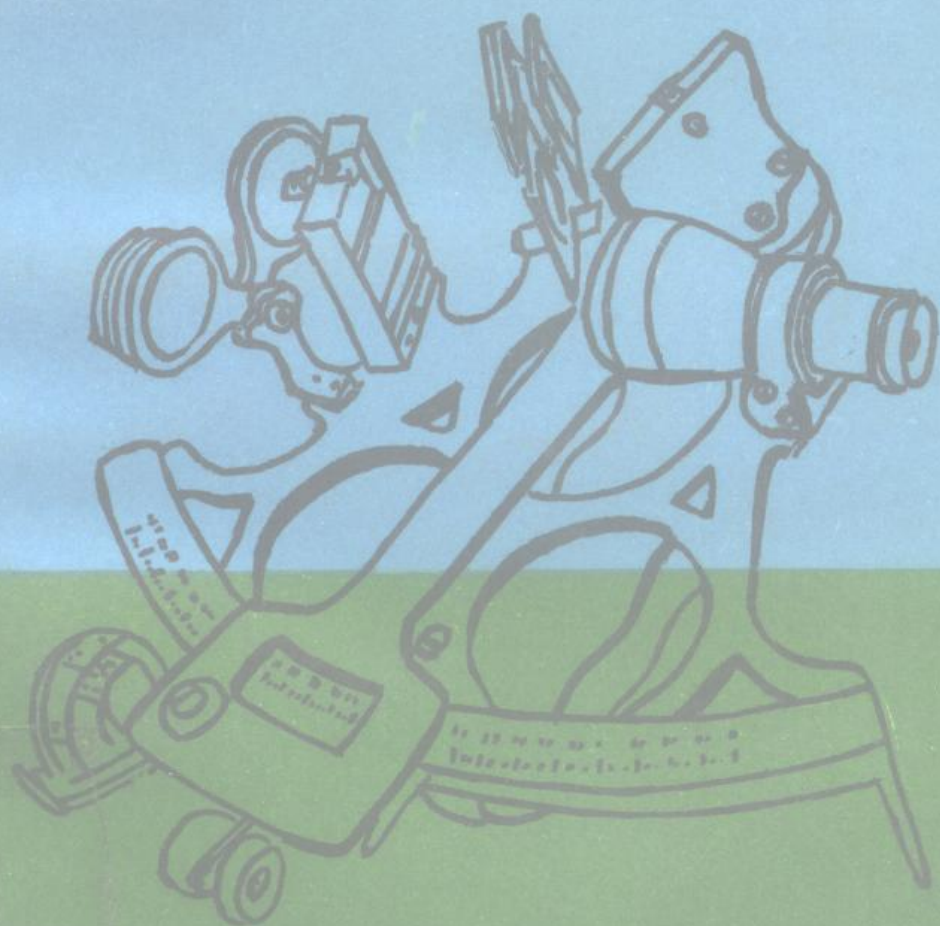


科學圖書大庫

天文航海

譯者 王昌銳



徐氏基金會出版

U675.11
W.5
(2)

科學圖書大庫

天文航海

譯者 王昌銳

徐氏基金會出版

美國徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧鏗 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國五十九年九月二十四日初版

中華民國六十一年十月三十一日再版

天文航海

定價 新台幣五十元 港幣九元

定價為港幣2.60

譯者王昌銳 台灣省立高雄工業專科學校教授

本出版部經內政部核准登記登記證為內版台業字第1347號

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 臺北郵政信箱53002號 電話783686號

發行人 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 林碧鏗 郵政劃撥帳戶第15795號

印刷者 萬里彩色印刷股份有限公司

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積極意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然審度衡量，仍嫌未能普及，乃再邀承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧輝氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有教無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分為：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，函文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分為譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當為該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，廢即出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

譯 序

海洋，多彩多姿！一時波瀾壯闊，氣勢萬千。一時又風平浪靜，海天相接，一望無垠。因此成爲人類歌頌的對象，也成爲人類要征服的目標。所以海洋科學，海洋事業，海洋競爭，與時俱增。

海是資源，是財富。是文化之刺激力量，是人類生活之所寄。漁鹽之利，交通之道，不勝枚舉。從古至今，利用海洋最成功之國家，便是海權最發達，國勢最強大的國家，文化最崇高的國家。因之許多政治糾紛，軍事謀略，外交折衝，甚而至於干戈相向，均爲爭海洋霸權，爭航漁之利，爭出海口。與人爭海，以海爲圉之國家，其國民應有海國精神，應有航海技術。

航海學術，非常科學。船由甲地出發，遠離陸岸，跋涉重洋，前往乙地要能安全而迅速的到達，實非盲目行動，而應利用科學的天文航海術，隨時隨刻，觀測日月星辰來定船位。修正航行錯誤，方能“邊走邊瞧”，問道於日月星辰，正確無誤的抵達目的地。

本書爲英人寇特（Charles H. Cotter）所著。彼於1919年出生於格蘭莫格沙爾（Glamorganshire）之赫屋（Hirwaun）地方。畢業於卡狄夫（Cardiff）之斯密斯海洋學校。歷任航海員，船長等職。1954年任倫敦凱斯學院（Sir John Cass College）航海系講師。現爲威爾斯（Wales）大學，海洋學系教席。關於天文學，航海學之著作頗豐，備受世人推重，天文航海（The Complete Nautical Astronomer）一書，爲其參酌各家著述及個人研究心得之力作。對於天文現象，天球假想，天文航海理論觀測定位方法，航海錯誤修正，以及航行用天體，測量用儀器，與乎計算及修正觀測結果所用表類，甚而各種觀測定位方法之歷史演進……等，由理論到實際，發揮淋漓盡緻。實我航海同人，乘風破浪遠涉重洋，從事航海實務之最佳讀物。亦爲從事海洋學航海學研究之良好教材。所以特爲逐譯，以供海洋院校同學研讀之需，亦供海內外高級船員準備應考之用。此書另有姊妹作——地文航海（The complete Coastal Navigator）一書，當俟機再予譯出，以饗讀者，而免遺珠之憾。

IV

譯者幼志於海，少而入青島海軍軍官學校，壯而遨遊海上，凡二十年，歷任海軍各型軍艦艦長，對航海學術，特別愛好。今應徐氏基金會之約而譯斯書，適逢本已畢業海軍官校三十週年之際，殊深榮幸而值紀念。書中譯名，力求普遍流行，符號標識，力保英制之真，重要名詞術語，均留綴原名，以資對照研究。部份星體之尚無適當中名者，仍保原名，以免杜撰。譯稿多勞吾妻蔣君英女士協助整理，致得早觀厥成，非常感激，特誌勿忘。

中華民國五十九年七月七日

王昌銳序於左營

前言

航海學常認為係使海員，能將其船舶，由此地安全而迅速的駛至他地的一種海事藝術。

航海家可用於修正其船舶行進路線之傳統方法，一當離開陸地，遠涉重洋時，便基乎天文數學原理。當岸上觀測或無線電助航設施，無法使用時，便將使用即將研討之天文方法，來定船位。此種航海學問，自然極為科學的，基於數學原理，而切合時宜，美其名曰「天文航海學」。

天文航海科學，原則上頗為一定而嚴格：而非格外之科學。其規律可由教師傳授，或由教本學習，以利實作應用。另一方面，天文航海術（頗有興味於說明，已往之天文學家，常被尊為藝術家），反於冷靜的科學，而有些溫暖，生氣與人性，海員對該課題之感覺，為於驚濤駭浪中，仍能利用天體，決定船位之驚奇感覺的相關程度，以判定其是否為一真的藝術家！

撰寫本書目標，可視為吾「地文航海」之一姊妹讀物，故已提供充份而新穎之天文航海資料，以填補航海學術所需之漏洞。

現在，該航海學有系統課程，不惟有其職業價值，亦同樣有其極大教育價值。可供學生準備參加航海科學國家普通檢定考試之用，亦可供研習航海科學或海事研究學位之需。進一步之需要，徒為航海技術而已。基此理由，余乃處處介紹一些歷史背景，以期擴大讀者知識範圍及其於航行之興趣。

誠懇希望，凡讀是書之航海專家或業餘研究人士一特別是本課題之學生一非僅足資導致進益，但亦獲致由瞭解斯書所得之樂趣，並領悟斯偉大而成功之科學，使之充滿信心，計劃下海，以安全完成其航程。

查禮斯H·寇特

一九六八年八月於 Cardiff

目 錄

譯序 前言

卷 I 天文通論

第一章 宇宙	3
導論及星座	
第二章 太陽系	14
行星及地球	
第三章 天球	23
春秋分及冬夏至—氣候地帶—季節之不等長度—黃道帶—月球—日及月蝕	
第四章 天位釋義	34
黃道系—春秋分系—天水平系	
第五章 天球之逐日可觀運動	40
逐日圖—微光	
第六章 時間	48
恒星及太陽日—時間方程式（時差）—經度及時間—海上計時—年與曆	

卷 II 天文航海理論

第一章 天文三角形	65
大體之地理位置—等高圓（圈）	
第二章 高度修正	72
折光—可見地平俯角—日月之視半徑—視差—光行差—偏移—微動—眩目—人為誤差	
第三章 天文位置線	95

	天文位置圖—索姆拉法—希勒爾法	
第四章	緯度	110
	上及下中天之天體—求通過子午線之時間—北極星觀測 求緯—近子午線高度觀測求緯	
第五章	變化率	133
	方位的—高度的	
第六章	天文航海之誤差	149
	正確與精確—有系統與不定之誤差—高斯曲線	

卷 III 天文航海儀器圖表

第一章	六分儀	163
	主要構造—已修正與未修正誤差—六分儀之附屬品—六 分儀之維護	
第二章	經線儀	176
	經線儀之說明與維護	
第三章	航海曆	179
	內容	
第四章	檢查及簡一法表	182
	霍拉利及觀測作業表	
第五章	其他航海表及儀器	190
	方位表與圖—星象儀及求星儀—計算尺	

卷 IV 天文航海實務

第一章	航海曆之使用	199
	出沒現象—六分儀高度修正	
第二章	六分儀與經線儀之使用	203
	日，月，恒星，行星觀測—無線電報時信號	
第三章	航行用天體	207
	太陽、行星、月球及恒星	
第四章	觀測作業之直接法	210
	各種方法之優缺點	
第五章	天文航海日課	216
	海圖—羅經—行進定位—繪圖紙	

第六章 航行誤差之處理	220
位置線誤差—行進定位誤差—緯度誤差—多星定位誤差	
附錄 I：天文航海之三角學	241
平面正弦及餘弦公式—球面正弦及餘弦公式—四部公式—	
圓形部份之納氏規則	
附錄 II：微積分與天文航海	258
參考書目	267
索引	269

卷 I
天文通論

2 天文航海

第一章 宇宙

世界考慮爲一體系，即謂凝合所有存在之物及空間，以成有秩序形態安排之一宇宙。

基於其有序安排之形態，有時將宇宙稱爲大世界 (Cosmos)，而研究宇宙之科學，因此而稱爲大世界學 (Cosmology)。大世界論 (Cosmogony) 應用於許多宇宙起源理論之任一方面；而大世界相 (Cosmography)，却表示宇宙之說明。

整個空間，恒星之分佈，並不均勻。由地球上可以看見的多數恒星，屬於名爲天河系 (galaxy) 的星群。地球，不過是屬於直徑約 100,000 光年，及最大厚度約 3000 光年之天河系中，一顆恒星的衛星而已。天朗無雲之夜，沿地區天河平面，觀測天空時，見巨大數目之恒星 (Stars)，有如白帶，圍繞穹天者，即吾人熟知之銀河 (Milky way)。

爲描述諸如天河大小及恒星間距離中之距離計，天文學家，使用 (如上所爲) 一實用距離單位，名爲光年 (Light year)。此爲光綫，以每秒 186,000 哩之巨大速率，於一年中，所運行之距離。天河之大，若與隔鄰天河之距離比較，均極渺小：天文距離 (astronomical distances)，對多數人言，其量殊屬不可思議。

宇宙之主要物理結構，似乎爲空間由一無窮之小的密度氣狀物所佔據，而於整個空間充塞着無數百萬之恒星。

一顆恒星，包含大量相當高密度的物質，恒星以內之核子活動，產生非常高的溫度。一恒星之高溫度，由大量電磁能效用，使其本身燃燒，向外作廣範圍頻率 (包括熱與光) 之輻射。對地球上的居民來說，最大的恒星爲太陽，因其爲地球之母——地爲太陽行星家族之一，——當其處於觀測地平以上時，使所有其他恒星，不可見及。

夜晚，當太陽在地平綫以下時，空朗無雲，恒星閃爍，呈現最奇妙之引人入勝的自然景象。恒星之研究，應開始於人們觀察天際之頃刻間。天際奇觀，如此奇妙，使人有目而不能遍視，且不能由注視而確定之。

因恒星處於無限延伸之藍天穹窿中，有時乃稱為天體。(heavenly or celestial bodies)。討論天體——其分佈，運動，大小及構造——之科學，稱為天文學(Astronomy)。源於希臘文“星之規律”或“星之分佈”意義。古時，實用天文學——為一種用於提供計時，測量方向，及制定曆法等方法之技術與科學——即星象學(astrology)或占星學。此種科學，退化為徒然研究行星相互間及對太陽之相關現象，與其對當事人之假想影響力。而由某些日報上正式印出之算命天宮圖以判定之，此類知識，迄仍吸引大量現代善男信女之注意。

天文學常目為最古老之科學。最早階段人類史中，人們無疑為好奇而首先進行觀測，而後紀錄天體之運動，有如是之多的實際用途以後，乃略覺驚異於天文學，已成為人類蔚成之第一種科學，進入早期各人類史之研究，乃知其原始企圖，在發現管制諸如日及月蝕，與似乎奇異之行星運動等天文現象規律。

天體分為廣大之兩類，頗為方便。一類包含相對的接近地球者，此中包括太陽(Sun)，行星(Planets)(包含地球)及行星之衛星(Satellites)，此外者為彗星(Comets)及流星(Meteors)之於夜間天空常增加異彩及興趣者。於太陽系(Solar system)以外，與太陽系大小相較，為極大距離處，乃為恒星世界，此遂形成天體之另一類矣。

於無雲之黑夜，觀察天空，乃見恒星可視明亮性之最繁多景象。相對少數之星，特別明亮。反之，極多數的星星，其明亮可視性，幾達可見極限而至消失程度，除非專心一意的在看，藉助於如望眼鏡之光學器材，乃見多而又多之恒星，而與儀器之放大能力成正比，似乎空間無界，恒星數目無窮。

隔離吾人與恒星(太陽例外)之遠大距離，致使恒星實在運動，雖用光學器械，亦不能測得，除非經過相當長的一段時期。因此，該等恒星，稱為固定恒星(Fixed stars)。於連續之夜晚，觀察夜空，乃使相對於恒星彼此間形態不變之問題，臻於分明。

星 座

成群明亮之恒星，組成星座，源於古代濛霧。恒星之區分為星座者，原本隨便為之，大部分星座名稱，來自古希臘人，且用動人故事，與恒星連貫起來。亞力山大利亞之玻多里米(Ptolemy of Alexandria)，於C.150 AD，將亞力山大利亞地方之可見恒星，分成四十八個星座：

北天星座

- | | |
|---------------------------|------------------------------|
| 1. 小熊星座 (Ursa Minor) | 12. 御者座 (Auriga) |
| 2. 大熊星座 (Ursa Major) | 13. 蛇夫座 (Ophiachus) |
| 3. 天龍星座 (Draco) | 14. 巨蛇座 (Serpens) |
| 4. 仙王星座 (Cepheus) | 15. 天箭座 (Sagitta) |
| 5. 牧夫星座 (Bootes) | 16. 天鷹座 (Aquila et Antinous) |
| 6. 北冕星座 (Corona Borealis) | 17. 海豚座 (Delphinus) |
| 7. 武仙座 (Hercules) | 18. 馬頭座 (Equuleus) |
| 8. 天琴座 (Lyra) | 19. 飛馬座 (Pegasus) |
| 9. 天鵝座 (Swan) (Cygnus) | 20. 仙女座 (Andromeda) |
| 10. 仙后座 (Cassiopeiae) | 21. 三角座 (Triangulum) |
| 11. 英仙座 (Perseus) | |

黃道帶星座

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| 22. 白羊座 (Aries) | 28. 天秤座 (Libra) |
| 23. 金牛座 (Taurus) | 29. 天蠍座 (Scorpio) |
| 24. 雙子座 (Twins) (Gemini) | 30. 射手座 (Sagittarius) |
| 25. 巨蟹座 (Crab) (Cancer) | 31. 山羊座 (Capricornus) |
| 26. 獅子座 (Leo) | 32. 寶瓶座 (Aquarius) |
| 27. 室女座 (Virgo) | 33. 雙魚座 (Pisces) |

南天星座

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 34. 鯨魚座 (Cetus) | 42. 巨爵座 (Crater) |
| 35. 獵戶座 (Orion the Hunter) | 43. 烏鴉座 (Corvus) |
| 36. 波江座 (Eridanus) | 44. 半人馬座 (Centaurus) |
| 37. 天兔座 (Hare) (Lepus) | 45. 豺狼座 (Lupus) |
| 38. 大犬座 (Canis Major) | 46. 天壇星座 (Ara, Altar) |
| 39. 小犬座 (Canis Minor) | 47. 南冕座 (Corona Australis) |
| 40. 天舟座 (Argo Navis) | 48. 南魚座 (Piscis Australis) |
| 41. 海蛇座 (Hydra) | |

此外，丹子格（Dantzic）之富有天文學家希文紐司（Hevelius），增加另外之十二個星座如下：

1. 安狄洛斯（Antinous）（小鷹座）
2. 莫斯曼來（mons Menelai）
3. 獵犬座（Canes Venatici）
4. 鹿豹星座（Camelopardalis）
5. 色巴魯司（Cerberus）
6. 后髮座（Coma Berenices）
7. 蜥蜴座（Lacerta）
8. 山貓座（Lynx）
9. 盾牌座（Scutum Sobieskii）
10. 六分儀座（Sextans）
11. 南三角座（Triangulum Australe）
12. 小獅座（Leo minor）

與希文紐司同時之名人哈來（Halley），於調製南天圖後，更增八個星座：

1. 天鵝座（Columba Noachi）
2. 皇椽座（Robur Carolinum）
3. 天鶴座（Crus）
4. 鳳凰座（Phoenix）
5. 孔雀座（Pavo）
6. 樂園鳥座（Apus）
7. 蒼蠅座（Musca）
8. 蜚蜉座（Chamaeleon）

星座邊界，均係隨意選定，而分別顯現於不同之星圖中。近來，邊界劃分，已由國際天文協會規定。現行邊界，包含垂直於天球赤道（Equinoctial）及赤緯（declination）小圓弧之大圓（great circles）弧。

許多比較明亮之恒星，均曾特別命名。但，為求各恒星有所區別，必需採行一種除名稱以外之簡單有效表示系統。天文學家拜爾（Bayer），於其