

科技用書

學海航頓道

THIRTEENTH EDITION

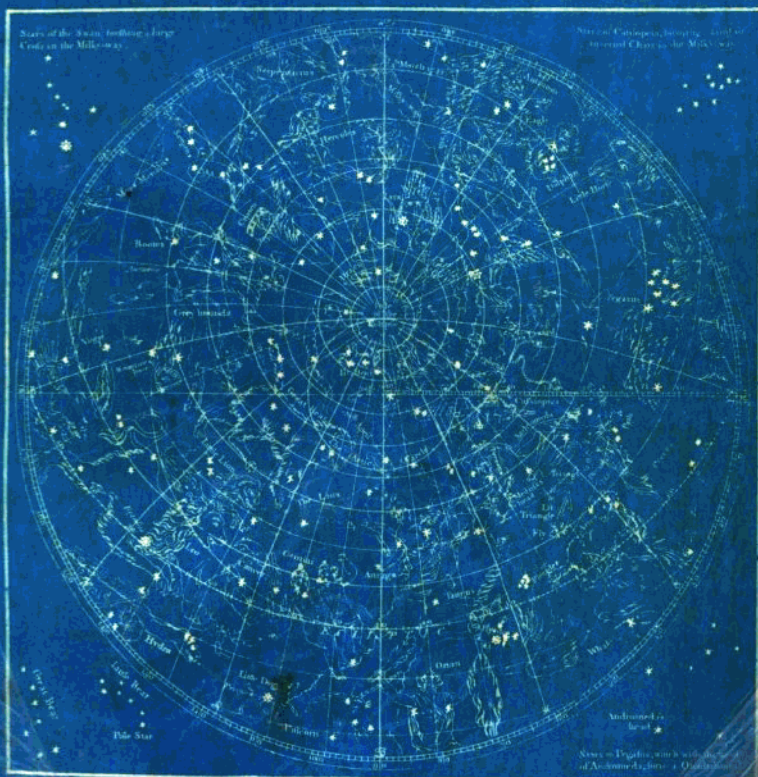
(上 冊)

DUTTON'S

陳維訓 譯

Navigation & Piloting

BY ELBERT S. MALONEY



大行出版社印行

科技用書

學海航頓道

THIRTEENTH EDITION

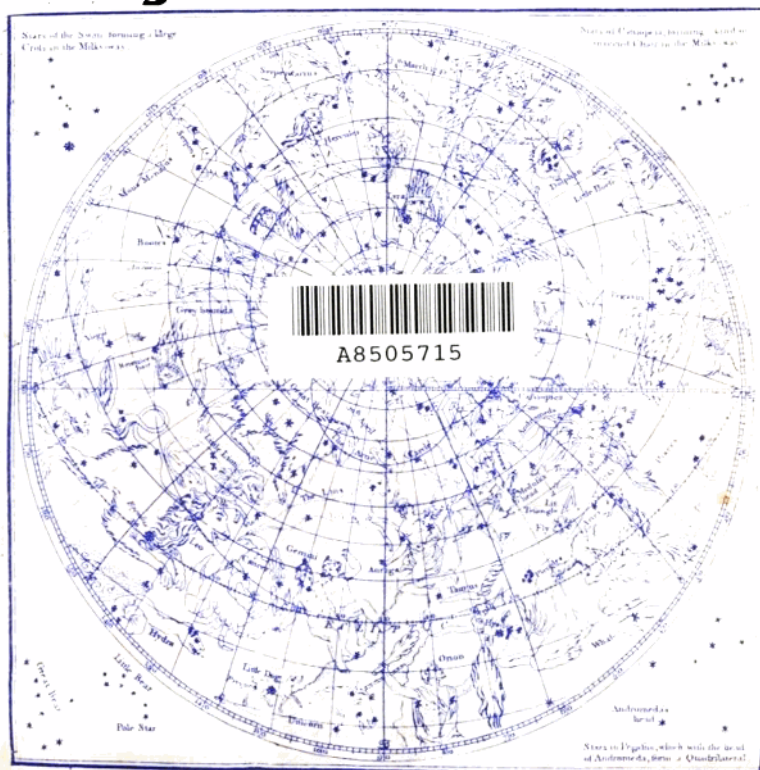
(上 冊)

DUTTON'S

陳維訓 譯

Navigation & Piloting

BY ELBERT S. MALONEY



大行出版社印行



中華民國七十一年六月 日初版

書名：道頓航海學(上)

著作者：陳維訓 譯

發行人：裴振九

出版者：大行出版社

社址：台南市體育路41巷26號

電話：651916號

本社免費郵政劃撥帳號南字第32936號

本社登記證字第：行政院新聞局

局版台業字第0395號

總經銷：成大書局有限公司

台南市體育路41巷26號

電話：613685號

特價：平三二〇元精三六〇元

編號：F0001-00568

同業友好・敬請愛護

序

由於近年來科學技術的突飛猛進，航海學的科學範圍也愈來愈廣，實際上，今日的航海確已步入了電子與衛星導航的時代。或許有人會說，航海科學既然如此進步，爾後航海僅靠電子儀器即可為功，何須浪擲歲月，鑽研多年來航海的基本知識和演算方法，更遑論培植航海專才之需？這種說法是膚淺的，觀念是錯誤的。須知航海最大目的，在隨時測定艦船的所在「位置」和保障其航行的「安全」。這與自然環境、地理位置、天象水文，特別是與人的智慧、修養、判斷、決心等，均有極為密切的關係。科技再進步，儀器再精密，運用時總要靠人，況且儀器的本身，在航海上僅屬輔助性質，亦有其基本上的弱點和極難免的故障。所以說：「航海學是科學與藝術的學問」，其意義亦即在此。本書的內容也正是如此，而將有關之天文、地文、水文、機械與電子航儀、電子計算機及程式、衛星導航等全部應用資料予以納入，並作有系統的說明，對海上工作者在基本知識的吸收，航海技術的研習及基本職責的認知上，均提供了寶貴經驗的積累與正確的指引。

本書（道頓航海學）譯述者陳維訓先生，從事海上實際工作為時甚久；擔任海軍官校航海學的講授，多年來亦有卓越的成效，以其深厚的學養，鑽研的精神，認真的態度，以及海上與學校工作多年的經驗與體認，對本書的譯述，實已發揮了積極的綜合效果。不僅把握了對原著內容的忠實，且為便利學者的研讀，而付出了更多苦心與最大的精力，由書中淺易的文字，清晰的表達，有條理的說明，就可揣知梗概，真可謂信達矣。

本書所具之優點甚多，上舉不過一二，本書之問世，良為海上工作者在校學生以及社會人士的福音，深信它不僅是一部讀者珍愛的航海書籍，尤將對我國海洋開發，航運拓展，海事人才的培育多所貢獻。

陳維訓

民國七十一年六月

譯 序

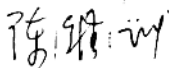
本書係譯自美國最新出版之道頓氏航海學 1978 年第十三版，原版不論在內容或編排方面，皆較以前各版改進甚多。

本版於內容方面，除將最新之電子航儀納入外，其他增加與充實之部分有海圖之新數字編號系統、現行描繪作業使用之標準標誌與程序、潮汐與流之預測與計算、以及採用小型電子計算機計算各種航行問題等，本版甚至將最古老之表示方位與拖板式計程儀亦列入介紹，因此原文在篇幅上較第十二版多出 200 頁之多。

本版之編排係以兼顧教學與實際應用為原則，各章順序按深淺層次重新排列，例如以前各版係先行討論各種航法與大圈航行，本版則已調整列入天文航海各章之後。此外，有關精密航行之潮汐與流，本版亦分為兩章詳細加以討論。至於各章節之內容，本版亦分別註以段落名稱全部予以調整。

譯本係基於忠實於原文與採用國人慣用之語句譯成，有關之專用術語、人名、地名等，皆附以原文。雖原文常有較多修飾文字之單句，但為忠於原著並保持原作者之詳細描述起見，仍未經易省略，僅將原句分為較短之中文短句、或增列括號以便利閱讀。

航海學涉及之科學範圍甚廣，本書中包含電子、機械、天文、地理、水文、氣象、與高等數學等資料，所幸譯者曾歷任航海官、通信官、電機工程師、航海教官等職，且曾赴美受過電羅經、計程儀、基本電子學等專門訓練，各方面皆曾經歷，因此尚能順利將全書譯出，希望藉此對讀者提供稍許供獻。



於 海軍官校

目 錄 (上冊)

譯 序

第一章	航海學介紹	/
第二章	地球及其座標	9
第三章	海圖投影與海圖說明	29
第四章	羅經	77
(一)	磁羅經	77
(二)	實用磁羅經校正	110
(三)	電羅經	128
第五章	助航設施	154
第六章	航海圖書	194
第七章	導航儀器	219
(一)	方向	219
(二)	速率與距離	224
(三)	深度	234
(四)	繪圖儀器	239
(五)	氣象儀器	250
(六)	其他裝備	252
第八章	推算航法	256
第九章	潮汐與潮汐之預測	272
第十章	流與流之預測	302
第十一章	導航之基本原理	337
第十二章	流中航行	381
第十三章	導航中艦船之特性	402

第十四章	相對運動.....	417
第十五章	測繪組.....	453
第十六章	導航作業.....	470
第十七章	雷達航行.....	502
第十八章	航海天文學.....	532
第十九章	天文航海簡介.....	562
第二十章	天體識別.....	592

第一章

航海學介紹

101 航海學之由來及其定義

航海學之英文 Navigation 一詞，係由拉丁文 Navis（船）與 Agere（引導）二字合成，意即「引導一乘具，由某一點向另一點運動之經歷過程」。乘具（Vehicle）：可能係一水面船艦或舟艇，一水面下之船艇，一空中之飛機或飛艇，或一太空飛行工具。為使此定義之意義更為完全，應補充為「引導一乘具，安全與成功地，由某一點向另一點運動之經歷過程」。

航海學可適當地解釋為「兼具科學與藝術兩方面之學術」。科學方面：包含航法、航儀、解算圖表、與曆書等之使用及研究發展，藝術方面：包含運用（即正確與有效選用）上述之各種工具、與對經由此等工具獲得之資料加以研判後採用。很多工作必須要使用精密儀器與正確圖表來完成，即使如此，於完成觀測與解算時，老練之航海人員，仍再運用其判斷對所求得之結果加以衡量，同時再說出「我們在圖上此一位置」。

102 航海學之主要分類

航海學可區分為四大主要類別：即導航法，推算航法，天文航法，與電儀航法。皆為易於劃分且合於邏輯之分類，此項邏輯亦即很多世紀以來，人類知識與能力之一種可能發展程序。

導航（Piloting）

導航之定義為「對一船隻之位置與運動方向所作之決定」，包含經常或繼續不斷藉陸上目標、助航設施、與測量水深，作為決定位置與運動方向之依據。人類最初在陸地上引導自己行動時，係依賴其所熟習之目標與四周之景象。於開始經由水上行動與運送貨物時，亦係沿用相同之技巧。此後，當經由水上之旅行更廣泛被實際應用時，人造之助航設施即陸續出現，最初極為原始，不久即較為進步，且因需要愈多而發展亦愈快。現代之導航工作則係由以下方式達成：(1)依據大自然之陸上特徵、建築物、與岸上之其他目標實施作業，此等目標雖非專以導航為目的而建造，但亦可引導海上人員。(2)測量水深。(3)採用特殊之助航設施，諸如燈光、浮標、日間航道標誌、霧號等。人類曾有過一段時間完全依賴視覺與聽覺導航，現在則已有現代化之電子裝備（如無線電、雷達、電子測深儀）以輔助導航，因此大為擴展航海人員視聽方面可達之距離。由於此等電子裝備係藉電子以延伸視覺與聽覺距離，且係經常於現在之導航作業中使用，故將其列為導航之一部分，而未將其納入非單方面作業之電儀航行系統內。導航：通常能對一隻船隻提供精密與正確之位置。

推算航法（Dead Reckoning：亦即推算船位）

推算船位（DR）係自一原定位置，依據已知方向與距離，於圖上推算得出之現在位置，或預計之未來位置。於人類從事海上冒險之勇氣愈來愈大時，其航程已超出可藉以參考之大自然或人為之陸上目標視線以外，且因所進入之海域水深過深而無法測量，於是便發展成功一種可幫助自己推算船位之方法，術語Dead Reckoning即係由帆船時代術語Deduced Reckoning演變而來，Deduced字首三個字母Ded演變為Dead而成為Dead Reckoning。推算航法係依據計畫中航向與航速決定位置，不考慮其中可能有風或流之影響，航向係

經由羅經（磁羅經或電羅經）得出，航速則係經由計程儀或主機之轉數得出。推算船位之描繪，可由航海人員於圖上繪出，亦可經由一推算描跡器自動分析航向、航速，並連續在圖上繪出航跡。慣性（Inertial）與杜柏那（Doppler）兩種最新航行系統，實際上皆為運用現代科技能力發展成功之最新推算航法系統。

天文航法（Celestial Navigation：即天文航海）

天文航法係經由觀測天體（Celestial bodies：如太陽、月亮、行星、與恒星）定出位置。當航海人員於長時間航行之中，發覺推算船位因未列入風與流之影響而不足以信賴時，很快即發展成功觀測天體（Heavenly body）之技術。最初所使用之儀器極為拙劣，但不久即較為精確，甚至直到現在，觀測用儀器與使用技術仍在繼續改進之中。天文航法目前雖因電子系統之使用而稍受影響，但仍為在海上決定船位、應用最廣與最基本之方法。以天文航法繪出之位置，遠較相同情況下以導航法繪出之位置精確度為差，但於遠洋航行中所繪出之天文定位，準確度已足以確保船隻之安全。

電儀航法（Radionavigation：即電儀航海）

電儀航法係使用由無線電波所獲得之資料（由船隻或飛機上所接受並經過一定程序處理後之資料）定出位置（其中一小部分為航向引導）。雷達與衛星航法皆為此主要分類之一部分，但已被放慮劃分於電儀航行系統之外，雷達係基本之電子導航，而衛星之使用亦僅限於採用無線電波。有時若以英文術語 Electronic navigation 稱為電儀航法，較以 Radionavigation 稱為電儀航法更為恰當，因為電儀航法所包括之電子航儀為：自最早之電子測深儀與電羅經，至現在之慣性系統與杜柏那電子裝備，所有用於航行方面之電子航儀。

一般情況下，電儀航行系統對於涵蓋幾百哩至數千哩範圍

內所提供之位置，準確度在 ± 5 哩（或5 哩以下）至幾百碼（或更小）之範圍以內。大海中航行時，電儀航海系統與天文航海技術可互相彌補不足，天文航海：單純且不倚賴其他方面，但必須有良好之天氣以觀測天體與水平線。電儀航行系統：可不考慮天氣，一般天氣情況皆可使用，但受電力與裝備故障之限制。電儀航行系統雖已將早期之老舊系統淘汰，而以改進後或完全創新之系統代替，但現在仍在繼續尋求改進與發展之中。

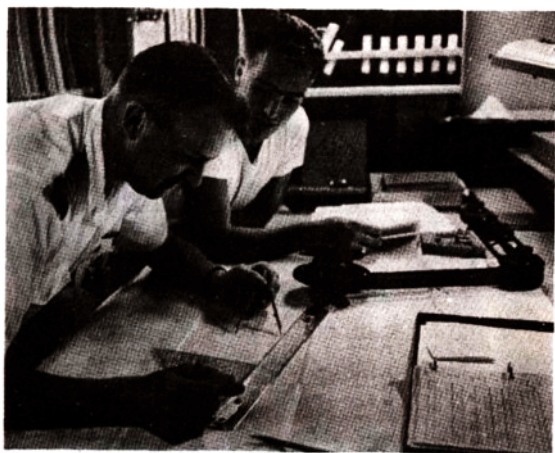


圖 102 所有航行階段中皆應有之某些圖上作業

103 航海問題

不論航海人員是採用某一特定航法，或是同時採用數種不同之航法，但其採用之作業程序，則必須能滿足下列三項基本航海問題之解答。

- 1 如何決定自己位置 (Position) 。
- 2 如何決定方向 (Direction) : 依據此方向行進可由某一位置駛抵另一位置。
- 3 如何決定距離 (Distance) , 以及行進間有關之時間 (Time) 與速率 (Speed) 因素。

位置 (Position)

每一航海人員所面臨之三項問題中, 最基本之問題即定出自己之位置。除非已知自己之位置, 否則無法準確、安全、與有效引導自己船隻運動。航海術語位置 (Position), 係指地球表面一可藉以識別之指定地點, 或指座標系統 (制定之人為系統) 上之一點。英文 Position 一字常被形容詞 Fix (測定的)、Estimate (估計的)、或 Dead Reckoning (推算出的) 所限定, 以後各章中將再詳細討論。

方向 (Direction)

方向乃連接某一點至另一點假想直線所指向之方向, 與兩點間之距離無關, 係採用極座標系統並以度 (Degrees) 為單位量度 (自一參攷基準量度之弧度)。最常用之參攷基準為真北 (True north), 此外尚有其他參攷基準, 將於以後各章中使用並加以說明。度以下之單位為分 (Minutes: $1^{\circ} = 60'$)、秒 (Seconds: $1' = 60''$), 亦可用小數點之度數表示。

方向係兩位置間之空間關係 (由某一位置至另一位置之方向) 之一般知識, 由於此一知識, 使得航海人員, 自其所在地點至欲往地點之間繪出一航向成為可能, 然後可沿此航向途徑駛往目的地。

距離 (Distance)

距離乃兩點間之空間間隔, 與兩點間之方向無關。航海方面距離之量度, 係量度某一點至另一點間在地球表面上之直線長度, 習慣上採用之單位為碼 (Yards)、哩 (Miles)、或

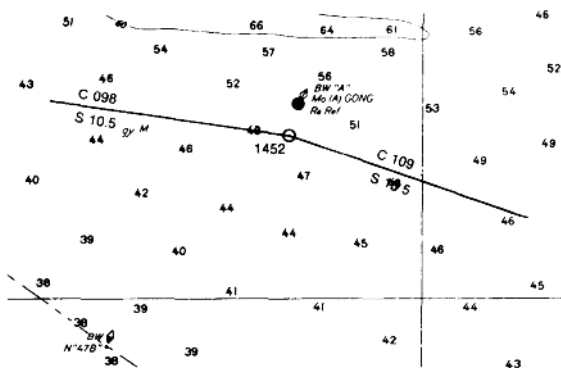


圖 103a 圖上作業顯示一船隻之位置、航向、航速、以及其他必要資料

公里 (Kilometers)。湮係航海人員最普遍使用之距離單位，即國際海裡 (International nautical mile)，約為 6,076.1 英尺，較陸上使用之法定英里 (Statute mile) 5,280 英尺為長，兩者間最接近之比率為 38/33，但因 8/7 之比率更為方便，故常使用 8/7 之比率。

時間 (Time)

時間可能為一天中某一事件發生之時間，如鐘錶所指示之時間，亦可能為兩相繼發生之事件中間間隔時間。時間所採用之單位為時 (Hours)、分 (Minutes)、與秒 (Seconds)，秒以下小數點後之秒則很少有需要。時間之書寫方法，係採用 24 小時計時制之四位數字記時法，午夜後 4 分鐘應寫為 0004，9:32 AM 應寫為 0932，8:15 PM 則應以 2015 表示 (四位數字後不須再寫出或說出“時”字)。

速率 (Speed)

速率之定義為「單位時間之運動率」。航海方面通常係以

每小時之海裡數、或節 (Knots) 量度速率，注意！節之定義中已包含時間因素在內，以每小時節數 (Knots per hour) 表示速率，乃一不正確之用法。



圖 103b 時間為所有各類航法中之一項必要因素

104 公制量度系統

美國現正朝向推廣採用公制量度系統 (Metric system of measurement) 之方面進行，1975 年公佈之公制換算條例，曾宣佈美國之政策為：在自願之基礎上推廣採用公制單位，並以建立國家卓越之制度為目的（雖然是不排除公制單位）。基於此一宣佈，本書將於本版之有關章節中介紹公制單位，例如，對於習慣採用之（英制）單位，列出換算為公制之概略數值（當量）。

於海上量度距離，海裡仍被要求用作基本單位，但高度與深度則以公尺與公寸 (Decimeters：即十分之一公尺) 表示，且正逐漸推廣使用。（1 海裡 = 1.852 公里，1 拓或潯 = 1.829 公尺，1 英尺 = 0.3048 公尺。）

公制量度系統之其他資料已列於附錄 D 中。

105 航海方面之數學

不論實際上是採用何種航法，或是需要解算某一特定之航海問題，作為一航海人員，將會運用數學以進行工作，正確與精密程度之要求標準，以及一般數學上之規定，皆已列入附錄C中。

106 摘要

研讀航海學，係學習如何量度位置、方向、距離、時間、速率，與如何加以運用。航海學任一航法之實際應用，皆係將此等知識付諸實行，以確保一船隻能迅速與安全在海上航行。

第二章

地球及其座標

201 地球之大小與形狀

地球爲圓形（但不十分圓）乃衆人皆知之事實，更正確解釋：地球近似一橢圓形，簡言之：係一不完全圓的球體。地球赤道之直徑約爲 6,888 海裡（12,757 公里），兩極間之直徑接近 6,865 海裡（12,714 公里），即較赤道之直徑約少 23 裡（43 公里）。

若以一赤道直徑爲 12 英寸（30.48 公分）之地球儀表示地球，則兩極之間直徑之正確長度應爲 11.96 英寸（30.38 公分），即較赤道之直徑約少 0.04 英寸（0.10 公分）。

地球具有遠較可能想像中爲平坦之表面，埃弗勒斯山峯（Mt. Everest）：高達平均海平面以上略少於 30,000 英尺（9,144 公尺）。目前已知最深之海洋：深達平均海平面以下略大於 35,000 英尺（10,688 公尺）。若非因強調與透視地形，而將垂直方向之比例尺慎重予以誇大，否則在上述地球儀上之此等高度與深度，將僅高出或低於平均表面約爲 0.01 英寸（0.025 公分）。

由於地球之形狀與真正之球形差異如此之小，爲了大多數航行之目的，地球可被認爲係一球體，而事實上由此一假定所得出之航行問題解答，亦皆很正確。但在海圖製作方面，仍必須考慮地球之扁平（Oblateness）形狀。

202 地球表面之基準線

一靜止球體表面上之所有各點，因距球體中心之距離相等，故皆相似。通過球體中心球面上兩點間之所有直線亦皆相似，沒有任何一直線具有顯明之特徵，因此亦沒有任何一直線可適合作為航行方面量度之基準。

但若轉動球體，則其中有一直線與其他所有直線有顯明之區別，此一直線即球體自轉之軸（Axis）。地球之軸與地球之表面相交於北極（North Pole）與南極（South Pole）兩點。

一位於兩極正中央且垂直於地軸之平面，其與地球表面相交各點所形成之線，即吾人所知之赤道（Equator）。所有赤道上之各點，皆係等距離位於兩極之間，且赤道之平面係將地球平分為兩半而形成南北兩半球（Northern and Southern hemispheres）。

203 大 圈

大圈（Great circle）：係通過地球中心且與地球相交之一平面，在地球表面上各交點所形成之一圈，因此大圈平分地球為兩個相等之部分。圖 203a 所示，即大圈之圖例說明。

小圈（Small circle）：係不通過地球中心與地球相交之一平面，在地球表面上各交點所形成之一圈，且不平分地球為兩個相等之部分。雖然實際上之小圈可能很大，但地球上之所有小圈，則永遠較地球上之大圈為小。圖 203b 所示，即小圈之圖例說明。