

中等專業學校試用教材

航海学

第一冊

集美航海學校編



人民交通出版社

中等專業學校試用教材

航海學

第一冊

(海船駕駛專業用)

集美航海學校 編

人民交通出版社

中等专业学校試用教材

航 海 学

第 一 册

集美航海学校 編

*

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版业營業許可証出字第〇〇六号

新华书店北京发行所发行 全国新华书店經售

人 民 交 通 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

*

1961年9月北京第一版 1962年2月北京第二次印刷

开本: 787×1092₁₆ 印張: 5₈張 插頁16

全書: 120,000 字 印数: 1,451—3,050册

統一書号: 15044·5271

定价(10): 1.10元

目 录

前 言.....	4
----------	---

第一篇 航海学基本概念和航海仪器

第一章 航海学的基本概念.....	10
§1-1 地球的形状和大小.....	10
§1-2 地球上的基本点、线、面.....	12
§1-3 地面上点位置的決定——地理坐标.....	15
§1-4 緯差和經差.....	16
§1-5 航海学上常用的度量单位.....	19
§1-6 能見地平和物标能見距离.....	21
§1-7 眞地平平面的划分系統.....	27
§1-8 眞航向、眞方位和舷角.....	32
第二章 海上定向与罗經.....	34
§2-1 关于磁罗經及陀螺罗經的工作原理的概念.....	34
§2-2 磁罗經的分类及其构造.....	36
§2-3 磁罗經的使用与保管.....	41
§2-4 罗經的附属仪器——方位仪.....	42
§2-5 地磁的基本概念.....	48
§2-6 磁罗經的自差与自差表.....	52
§2-7 三条子午线.....	56
§2-8 向位的換算.....	57

第三章	航程的測定与計程仪	67
§3-1	計程仪和它的性能.....	67
§3-2	計程仪的改正率.....	74
§3-3	依据螺旋桨的每分鐘的迴轉数測定 船速及航程.....	77
第四章	水深的測量仪器	78
§4-1	浅水測錘.....	78
§4-2	机械測深仪.....	82
§4-3	回声測深仪.....	86

第二篇 水路图志

第五章	地图的投影	87
§5-1	地图的投影.....	87
§5-2	等角圓柱墨卡托投影.....	87
§5-3	日晷投影或中心投影.....	89
§5-4	恒向綫和它的基本性質.....	93
§5-5	恒向綫在球面上的方程式.....	94
§5-6	墨卡托海图的特点.....	100
§5-7	航用海图必需具备的条件.....	101
§5-8	緯度的漸长法則.....	101
§5-9	恒向綫在漸长图上的方程式.....	106
§5-10	大圓海图及其特点.....	107
第六章	海图	108
§6-1	海图的比例尺.....	108
§6-2	海图的分类.....	111
§6-3	海图的符号及图式.....	113

§6-4	等高綫及等深綫的概念.....	113
§6-5	海圖的使用与保管.....	115
第七章	助航标志.....	121
§7-1	助航标志概述.....	121
§7-2	我国沿海地区的航标.....	121
§7-3	我国海区水上助航标志制度.....	123
§7-4	霧警設備.....	154
§7-5	內河航标.....	156
§7-6	水上助航标志的編号.....	172
第八章	潮汐与潮汐計算.....	173
§8-1	潮汐現象.....	173
§8-2	潮汐的靜力理論——引潮力.....	178
§8-3	潮汐的周期变化.....	186
§8-4	月潮間隙、港口潮候时及潮齡.....	191
§8-5	潮汐理論.....	192
§8-6	潮汐表.....	195
§8-7	潮汐表的主要題解.....	196
第九章	航海參攷資料.....	208
§9-1	航路指南.....	208
§9-2	航海通告.....	209
§9-3	水道圖書目录.....	209
§9-4	港章.....	210
§9-5	涇程表.....	210

緒 論

一、航海学与船舶駕駛科学

船舶駕駛科学是一門研究船舶駕駛原理和方法的科学。它的中心任务是在于解决船舶的安全航行問題，保証船舶能够准确地沿着一条既安全又經濟的航綫航行，迅速地将旅客和貨物送达目的地。

船舶駕駛科学和其它应用科学一样，是随着社会生产和科学技术的发展而不断充实，近代科学技术的发展，已促使船舶駕駛科学分为一系列專門課程，这些課程主要的有：航海学、航海天文学、磁罗經自差学、电航仪器、无綫电助航、船艺等。

航海学是一門以数学为基础的科学，它所研究的主要內容包括：船舶的航跡推算、船位測定、航路設計等有关船舶駕駛的基本理論知識和实际操作方法，为了研究上述內容，我們还必须掌握下列基本概念和有关知識：如地球的形状和大小、航用仪器（包括无綫电助航仪）在航海中的应用、海图的繪制原理及使用方法、助航标志、海流潮汐及航海气象等等。

航海学同时又是一門紧密結合生产实际的科学，它总结了实际經驗，同时又用于指导船舶駕駛的实践。

研究航海学的基本原則和方法必須是理論与实际相結合。現代的海船駕駛員，不仅需要有系統的科学理論知識，以保証船舶安全航行所要求的准确度，而且还需要有丰富的实践經

驗，以便确有把握地处理海上的具体情况。片面强调任何一方的重要性，都是不正确的，只有把科学的航海理论和实际經驗密切地結合起来，才能正确分析航行区域的水文气象情况，善于判断推算船位的准确度，才能准确地引导着船舶通往世界的任何港口。

国家和人民对交通运输工作的基本要求是保证将旅客和貨物安全而及时地送达目的地，对运输工作具体要求則是运得多、运得快、質量好、費用省。由于船舶在海上航行的特殊条件，这些要求对海上运输尤为重要。船舶駕駛員必須努力培养自己成为对革命无限忠誠，具有頑强意志，机智勇敢，并精通船舶駕駛业务的海員，只有这样才能克服任何困难，完成国家和人民交給的光榮任务。

二、我国航海事业发展簡史

我們的祖国是一个伟大的具有悠久历史的国家。我国人民勤劳勇敢而富有創造性。我們的祖先，以他們的智慧，不仅在世界文化和科学技术的領域中，作出了卓越的成就和伟大的貢獻，而且在开发海洋和发展航海事业方面，也为人类的航海史册写上了光輝灿烂的一頁。

我国有着漫长的海岸綫和不少的天然良港。远在新石器时代，我国沿海島屿之間就有了海上交通，这是我国航海事业的萌芽时期。

到了春秋战国时期（公元前770～前403年），我国开始有了造船事业和海上帆船船队，曾开辟了北起渤海，南至今日的越南北部的海上貿易航道。

秦汉时期（公元前221～220年），我国造船事业获得了进一步的发展，海上船队的規模也逐漸壮大，当时航行在国际大

洋的我国船队，曾远达印度半岛的南部。

到了唐朝（公元618~907年），我国航海事业更加活跃和繁荣起来，航海技术有了很大提高，而使国际性的远洋贸易有了新的发展，我国海上船队已远航到印度洋，阿拉伯海、波斯湾、红海等地区。

当时我国的船舶特别以船身大、容积广、结构坚固、经得起大风巨浪的袭击而闻名于世。

我国的航海家，特别善于利用东南亚地区信风的特殊规律性：在冬春两季利用东北信风，扬帆远航至南洋群岛及印度各地；夏秋期间，利用西南信风，顺风驶回祖国。

宋元时代（公元907~1368），我国国际大洋航道的贸易又取得了进一步的成就，当时，我国跟阿拉伯、印度、日本、爪哇、锡兰等进行大规模的海上贸易，向这些国家输出大量的绸缎、纸张、茶叶、漆、釉、工艺品及其它手工业品，输入的商品有优等的木材、香料、玛瑙等。

我国东南沿海的广州、泉州和明州等港口，为当时国际著名的大商港。

公元1119年宋代的朱彥所著的《萍洲可談》中云：“舟師識地理，夜則觀星，昼則觀日，陰晦觀指南針或以繩鉤取海泥以嗅之便知所至”。从这一历史记载，可知当时我国的航海家已经开始把指南针应用于航海上，并且已经懂得应用今日仍普遍采用的天文航海方法和测深定位方法来引导船舶航行。

在15世纪初期，即明代永乐、宣德年间，我国伟大的航海家郑和，曾率领了大批船队，先后下“西洋”七次，往返于南洋、印度洋和阿拉伯海上，访问了东南亚和非洲东岸的三十多个国家。当时船队规模之大，声势之盛，在世界的航海历史上是空前未有的。

郑和所率领的船队，多达六十三艘，明史《郑和传》中记载：“有大船六十三号，皆长四十四丈，阔十八丈，随行人員共二万七千二百余人”。当时我国的船舶的结构牢固，有水密舱的设备，有六至十二根的帆桅，配备十分齐全。有负责航海的“舵手”、“班碇手”、“铁锚”，有管理事务的“办事”、“书算手”等，有翻译人员（“通事”）、医务人员（“医士”）等等（见祝允明《前闻记》）。大船可载货三十万斤，可容纳一千人。这是当时世界上最大的海船。

郑和率领的这支船队，不畏艰险，远渡重洋，前后共达28年之久，南到爪哇，西到非洲东岸的木骨都束（即今索马里共和国的首都莫格迪绍）。

郑和在七次下“西洋”中，应用我国劳动人民所发明的又经精制的二十四方位的磁罗经于航海上。他和他的同行者对所经过的航海路线都作了详细记录，并绘制了航海海图，即《郑和航海地图》共二十图四十面。图中对航向、航程、海上暗礁浅滩的分布情况和停泊港口的地理位置都有详细的记载，这是我国第一部水路图志。这本《郑和航海地图》还保存在茅元仪所撰的《武备志》一书中。

郑和和他的同伴，不但善于应用我国人民长期积累的航海技术知识，而且在这个基础上作了更进一步的发展和充实。他们总结了我国古代航海家的实践经验，并根据亲身的经历加以补充和修订而整理出来的关于南洋航线，印度洋航线，以及亚非航线的详细航海资料，对我国航海事业的发展，有很大的贡献。

郑和下“西洋”，促进了我国与亚非各国人民之间的经济和文化交流，增进了友好关系。他和他的同伴在完成这一伟大航海事迹中所表现的不畏风浪险阻的英勇和克服困难的精神，

也是他們留給我們的极其寶貴的精神遺產。

到了清朝順治十八年（公元1661年），我國民族英雄鄭成功，為了從荷蘭侵略者手中奪回我國領土台灣，曾率了一支英勇的艦隊，在台灣海峽擊沉了荷蘭侵略軍的司令艦，並俘虜了兩艘軍艦，收復了我國的領土台灣。

從鴉片戰爭使我國開始淪為半殖民地的國家以後，一直到國民黨反动派統治時期，我國航海事業完全喪失了發展的可能性。美帝國主義勾結國民黨反动派訂立了許多公開和秘密的協定和條約，如船塢秘密協定，青島海軍基地秘密協定，中美海軍協定及中美通商航海條約，竊取了我國的領土權、領海權、內河航行權等等。

帝國主義控制了我国海上貿易，根據抗日戰爭以前的統計，在我国沿海航行的商船總噸位中，有80%左右是屬於美、英、法、日等帝國主義國家的；國際大洋航道上的輪船，幾乎沒有一艘是中國的。

解放前夕，國民黨反动派逃离大陸時，曾把3/4的海船劫往台灣去，劫不走的船隻、碼頭、倉庫、船廠等，都被破壞得百孔千瘡。美帝國主義和國民黨反动派不甘心他們在大陸上的徹底失敗，封鎖了我国重要的港口；美帝國主義還強迫其附庸國及追隨者对我国實行禁運政策，企圖從經濟上扼殺新生的中華人民共和國，但是敵人的這種幻想和陰謀，遭到了可恥的失敗。

解放十幾年來，我国海運部門的工作同志，在黨中央和毛主席的英明領導下，一方面打破了帝國主義的封鎖政策，另一方面在航運基礎十分薄弱的情況下，進行了大規模的恢復和建設，使得我国航海事業邁進了新的歷史階段。目前我国船舶噸位的增長、船舶設備的現代化和海船運輸能力的提高，遠非解

放前所能比拟。特别从1958年大跃进以来三年中，所取得的成就更加显著，根据统计：1960年水运、公路和民用航空运输完成的货运量，比1957年增长两倍多，货运周转量增长一倍多。三年当中輪驳船吨位同第一个五年计划比较增长一倍多。此外，在港口建设和机械化方面、航道的疏浚和整治方面，都取得了极其辉煌的成就。

现在，我国不仅拥有规模庞大的，设备现代化的造船厂，能够设计和制造万吨巨輪；有了自己制造的各种航用仪器；有了自己测量和编制的海图，而且还成立了許多培养航海技术人才的高等及中等海运院校，为海运事业輸送出一批批的新生力量。

我国工农业生产的大跃进，为我国海运事业的发展开拓了光明广阔的道路。我們坚信，在总路綫、大跃进和人民公社三面紅旗的光輝照耀下，我国今后海运事业的发展，将取得更加辉煌的成就。

第一篇 航海学基本概念和航海仪器

第一章 航海学的基本概念

§ 1-1 地球的形狀和大小

地球的形狀和大小，是航海学的基本概念之一，我們应当正确地了解它。

我們知道，地球的表面，是不平坦的。在山脉地区有山岭、谷地、断层等等；在平原地区分布着河川、小丘等等；而在聚水地区，在平靜状态下，則呈現着平滑和有規則的表面。这样，地球的表面形狀是处处各各不同的。但如就整个地球表面看来，那么，由于地球体积很大，这些局部的起伏和变化相对地來說是很微小的。世界上最高的珠穆朗瑪峰（高出海面8882米）和世界上最深的恩登深渊（低于海面10793米），对整个地球來說，也只不过象一顆小芝蔴一样的高低。因而，整个地球表面，就有它自己的总的形狀，这个形狀很近似一个半径很大的圓球体。

可以用很多我們所熟知的事实，証明地球的表面是圓球狀：如地平綫的圓弧形；开闊的海洋面所呈現的曲面；月蝕时地球的圓形黑影，环繞着全球的航行等等。

經過許多科学工作者从地球各个不同地区，屡次进行子午綫和緯度圈弧长的測量，已証明地球不是一个眞正的圓球体，

而是两极略为扁平，沿着赤道地方稍稍膨大的橢圓體，这个橢圓體我們称为“地球橢圓體”，亦即“旋轉橢圓體”。它是橢圓 EP_NQP_S 繞着它的短軸 P_NP_S 旋轉而成的（图1-1）。

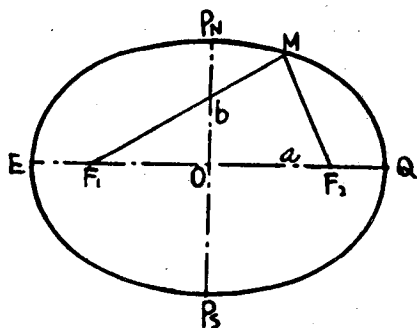


图 1-1

通常以“扁率” α 或以“偏心率” e 来说明地球橢圓體的特征。

扁率在数值上等于

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (1-1)$$

式中： a 为橢圓的长半軸；

b 为橢圓的短半軸。

偏心率在数值上等于

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \quad (1-2)$$

由 (1-2) 式得

$$e^2 = 1 - \frac{b^2}{a^2} = \left(1 - \frac{b}{a}\right) \left(1 + \frac{b}{a}\right) \quad (1-3)$$

$$\text{式中： } 1 - \frac{b}{a} = \alpha; \quad \frac{b}{a} = 1 - \alpha$$

将上列数值代入 (1-3) 式，即得扁率与偏心率之间的关系：

$$e^2 = \alpha(2 - \alpha) = 2\alpha - \alpha^2$$

因扁率的平方值甚为微小，若予略去，则得

$$e^2 = 2\alpha$$

表征地球形状和大小的数值“ a ”，“ b ”，“ α ”或“ e ”称为“地球椭圆体元素”。

地球椭圆体元素，我国及其他许多国家的科学工作者曾经进行多次的测量，其中主要的数据如表 1-1 所示。

地 球 元 素 表

表1-1

测 算 者	测定日期	长半轴 a	短半轴 b	扁率 e
白 塞 尔	1841 年	6 377 397 米	6 356 079 米	1:299.2
克 拉 克	1880 年	6 378 249 米	6 356 515 米	1:293.5
海 福 特	1909 年	6 378 388 米	6 356 912 米	1:297.0
克拉索夫斯基	1940 年	6 378 245 米	6 356 863 米	1:298.3

表1-1中所载海福特所测定的地球元素在 1925 年曾被公认为国际地球元素，我国在地形测量和制图工作上曾经采用过。苏联克拉索夫斯基教授在最新的科学基础上应用较现代化的方法所测量出的更精确的地球元素，我国自1951年起开始采用。

应当指出，1958年苏联科学工作者，根据对人造卫星运行情况观测材料，进一步证明克拉索夫斯基所求出的地球元素的精确性，并确定地球的两个半球并非对称的，北半球比南半球更要向外凸出一些。

§ 1-2 地球上的基本点、线、面

人们早就知道，地球除了绕太阳公转外，还绕着自己的轴线 $P_N P_S$ 旋转。自转轴 $P_N P_S$ 我们称之为“地轴”（图1-2）。它和地球椭圆体的短轴相重合，并和地面相交于两点，这两点就是地球的两极；在北面的 P_N 点叫“北极”，在南面的 P_S 点

叫“南极”。

通过地面某一点 A ，和该点重力方向相重合的直线 ZZ' ，称为该点的“铅垂线”（或称为该点的“法线”）。

假使地球是一个由均匀质料所构成的精确圆球体，那么地面上所有的点的铅垂线，都应当通过地球中心。由于地球并不是一个真正的圆球体，而且构成地壳的质料也不均匀，所以地面上各点的铅垂线就不会相交于一点。

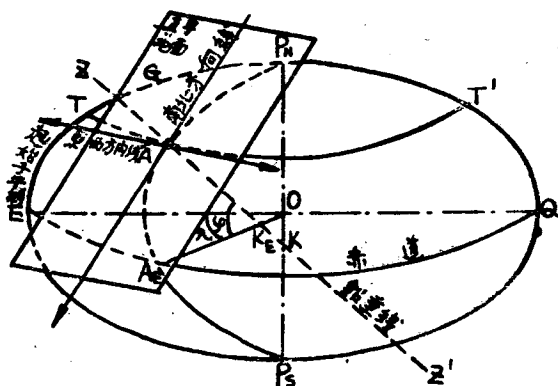


图 1-2

因为地球的扁率很小，根据克拉索夫斯基所求出的数值，它仅有 $1/298.3 = 0.3\%$ 。椭圆体和圆球体的差别不大，因而在航海上以及在许多实际测量工作中，为了计算上的方便起见，通常把地球当作圆球体看待，并假定所有铅垂线都相交于地球的中心。

凡通过铅垂线的平面，称为“垂直平面”；而与铅垂线成直角的平面则称为“地平平面”。

通过测者眼睛而与铅垂线成直角的平面，称为“测者真地平平面”。凡通过地球自转轴的平面，均称为“真子午面”（或

“地理子午面”)。真子午面与地球表面相交的弧线,称为“子午线”。若把地球当作椭圆体,则子午线为椭圆曲线;若把地球当作圆球体,则子午线为大圆弧(图 1-3)。通过地面上的每一点,都可以作出该点的真子午面和子午线。通过测者的真子午面和子午线分别称为“测者真子午面”和“测者子午线”。通过英国格林尼治天文台子午厅的真子午面和子午线,则称为“起始子午面”和“起始子午线”^①。

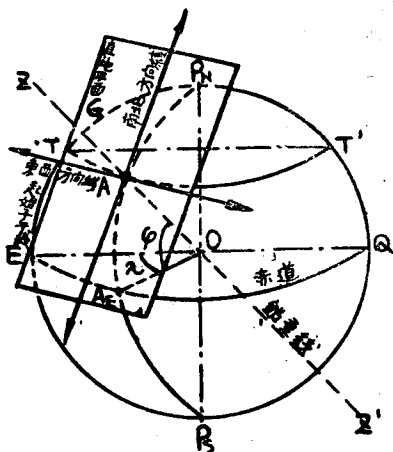


图 1-3

通过地心而与地轴相垂直的平面和地球表面相交而得的大圆称为“赤道”(图 1-3 中的 EQ)。

凡与赤道平行的平面,均称为“纬度圈平面”。纬度圈平面与地球表面相交而得的小圆称为“纬度圈”,如图 1-3 中的 TT' 。

与真子午面相垂直的垂直面称为“卯酉圈平面”。卯酉圈平面和测者真地平平面的交痕就是“东西方向线”。

^① 在 19 世纪中叶以前,大多数国家都采用通过加拿列群岛中的贾罗岛的子午线作为计算经度的“起始子午线”。与此同时,个别国家也有用自己的“起始子午线”的,如俄国曾采用通过普尔科沃天文台的子午线,法国用通过巴黎的子午线等等。由于采用不同的“起始子午线”而产生了许多的不方便,故在 1884 年国际代表会议上,便决定把通过欧洲最古老的格林尼治(伦敦近郊)天文台子午厅的子午线作为国际通用的“起始子午线”。而今,世界各国均已采用。