

游艇系列



航海基础

● 陈昌明 主编
张金水 主审

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

航海基础

陈昌明 主编

张金水 主审



内 容 简 介

本书共分9章。分别介绍了航海基础知识,航海图书资料,潮汐与《潮汐表》的应用,游艇定位,游艇用磁罗经、测深仪和计程仪,航路与航法,气象和海洋学基础,主要天气系统和航海新技术。为便于学习,本书还编写了适合各章内容的练习题,并附参考答案。

本书的内容符合中华人民共和国海事局2004年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》(修订)航海学科目的要求,适用于近岸航区游艇船员培训,也可作为航海院校和其他航海从业人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

航海基础/陈昌明主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2015.2
ISBN 978-7-5661-1002-2

I. ①航… II. ①陈… III. ①航海学—中等专业学校—教材 IV. ①U675

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第037014号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街124号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 15.5
字 数 399千字
版 次 2015年3月第1版
印 次 2015年3月第1次印刷
定 价 33.00元
<http://www.hrbeupress.com>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

本教材作为游艇专业的培训教材,既能够满足游艇船员考试培训的需要,也能为船员的业务学习提供帮助,提高游艇船员整体素质。本教材还可供海事管理机构和船员培训机构人员学习参考,促进考前培训质量的提高。

本书共分9章。第1章为航海基础知识,介绍了地理坐标、方位、航向及其测量、航程、海图的识读与使用、航标等;第2章为航海图书资料,介绍了近岸航区游艇必备的航海图书资料及其使用;第3章为潮汐与《潮汐表》的应用,介绍了潮汐的基本成因与潮汐不等现象、中版《潮汐表》与潮汐推算、潮流推算等;第4章为游艇定位,介绍了近岸航区常用的定位方法,包括陆标定位、雷达定位、GPS定位等;第5章主要介绍了游艇用磁罗经、测深仪和计程仪的分类与构造、检查与使用;第6章主要介绍了沿岸、狭水道、岛礁区、江河口地区与特殊条件下的航路选择与航行方法,简单介绍了船舶定线制以及我国定线制的报告制度;第7章为气象水文基本要素及其观测;第8章主要介绍了影响我国沿海的主要天气系统的特性;第9章主要介绍了VDR, AIS 以及 LRIT 等航海新技术的应用。为便于学习,本书还编写了适合各章内容的练习题,并附参考答案。

本书由陈昌明主编,张金水、田慧玉参加了部分章节内容的编写,张金水任主审。

本书在编写过程中得到了交通部海事局领导和专家的关心与指导,相关海事部门和船公司对本书的编写也提供了热情的帮助和支持,在此一并表示感谢!由于编写水平有限,加上时间仓促,书中难免存在错误和疏漏,欢迎广大读者和专家批评指正。

编 者

2014年2月

目 录

第1章 航海基础知识	1
1.1 地球形状与地理坐标	1
1.2 向位与舷角	3
1.3 向位的测定与换算	6
1.4 罗经差的测定	11
1.5 航海上的距离	14
1.6 航速与航程	16
1.7 海图的分类与识读	19
1.8 海图的使用与保管	26
1.9 电子海图(ECDIS)	28
1.10 航标	39
习题	50
第2章 航海图书资料	55
2.1 沿海和近岸航区游艇必备的图书资料	55
2.2 中版《航海图书目录》	56
2.3 中版《航标表》	57
2.4 中版《中国航路指南》	59
2.5 中版《航海通告》	60
2.6 海图与航海图书资料的改正与管理	62
习题	66
第3章 潮汐与《潮汐表》的应用	68
3.1 潮汐的基本成因与潮汐不等	68
3.2 中版《潮汐表》与潮汐推算	74
3.3 潮流推算	86
习题	89
第4章 游艇定位	91
4.1 物标的识别与选择	91
4.2 方位定位和距离定位	92
4.3 雷达定位	96
4.4 GPS 定位	101
习题	112

第5章 游艇用磁罗经、测深仪和计程仪	116
5.1 磁罗经的分类与构造	116
5.2 磁罗经的检查、保管与安装	119
5.3 测深仪	121
5.4 计程仪	126
习题	133
第6章 航路与航法	136
6.1 沿岸航行	136
6.2 狭水道航行	139
6.3 岛礁区及江河航行	145
6.4 雾中航行	148
6.5 船舶定线与船舶报告制	152
习题	158
第7章 气象和海洋学基础	163
7.1 气温和湿度	163
7.2 气压	166
7.3 风	168
7.4 云、雾与能见度	181
7.5 海浪	189
习题	194
第8章 主要天气系统	199
8.1 主要天气系统的特征	199
8.2 灾害性天气的预防	202
8.3 获得天气预报的途径	208
习题	210
第9章 航海新技术	213
9.1 船载航行数据记录仪	213
9.2 船舶自动识别系统	217
9.3 船舶远程识别跟踪系统	222
习题	230
附录1 海区水上助航标志图例	233
附录2 我国沿海港口信号	234
习题参考答案	237
参考文献	239

第 1 章 航海基础知识

1.1 地球形状与地理坐标

1.1.1 大地球体

游艇在海面上航行,实际是在地球表面的海面航行,为了研究诸多航海问题,应该对地球的形状和大小有个基本的了解。地球的自然表面有高山、深海,形状非常复杂。地球表面约有 3/4 被大洋所覆盖,大陆的高低起伏与地球的半径相比,又显得微不足道。所以,航海上讨论的地球形状,并不是指其自然形状,而是指由大地水准面所包围的几何体的形状。

地球上任意一点的水准面是指通过该点且与该点的铅垂线垂直的平面。液体的静止表面就是水准面。设想一个与平均海面相吻合的水准面,并将它延伸到陆地内部,在延伸中始终保持此面处处与当地的铅垂线正交,这样形成的一个连续不断的、光滑的闭合曲面,叫做大地水准面。被大地水准面所围成的球体叫做大地球体。图 1-1 所示为地球的形状。

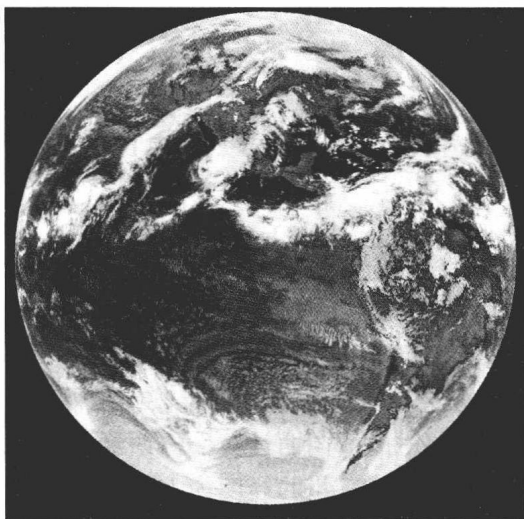


图 1-1 地球的形状

1.1.2 大地球体的近似体

大地球体是一个不规则的几何体。为了应用的方便,在不同的应用场合会使用到大地球体的不同近似体。

1. 第一近似体——地球圆球体

航海上为了计算上的简便,在精度要求不高的情况下,通常将大地球体当作地球圆球体。

2. 第二近似体——地球椭圆体

在大地测量学、海图学和需要较为准确的航海计算中,常将大地球体当作两极略扁的地球椭圆体。

地球椭圆体即旋转椭圆体,它是由椭圆 $P_N Q P_S Q'$ 绕其短轴 $P_N P_S$ 旋转而成的几何体(图 1-2)。表示地球椭圆体的参数有:长半轴 a 、短半轴 b 、扁率 c 和偏心率 e 。

1.1.3 地理坐标

地理坐标是指地球椭圆体表面上任意一点位置的坐标,由地理经度和地理纬度构成。航海上的游艇位置、物标的地理位置等都是用地理坐标来表示的。

地理坐标的基准圈是赤道和格林子午线。格林子午线就是通过英国伦敦格林尼治天文台的子午线,它作为计算地理经度的起始子午线,也称零度经线。格林子午线与赤道的交点 M 是地理坐标的原点(图 1-3)。

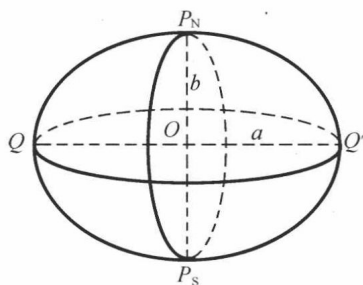


图 1-2 地球椭圆体示意图

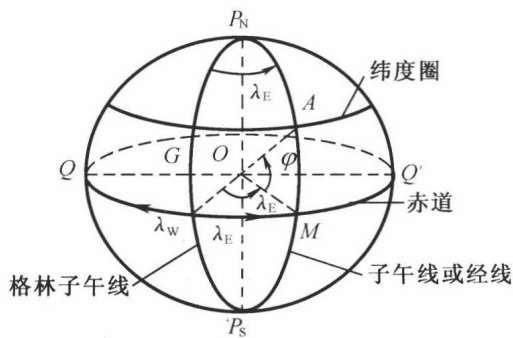


图 1-3 地理坐标结构图

1. 地理经度

地面上某点的地理经度是按下述方法确定的:它是以格林子午线为基准,以格林子午线与该点子午线之间所截的赤道短弧,或此短弧所对的球心角或极角作为该点的地理经度的。用代号 λ 或 Long 来表示地理经度,如图 1-4 所示。

某点经度的计算方法是:从格林子午线起算,向东或向西由 $000^\circ \sim 180^\circ$ 计量到该点的子午线。向东计算的称东经,用 E 标示;向西计算的称西经,用 W 标示。

例如:北京的经度是 $116^\circ 28'.2E$;广州的经度为 $113^\circ 18'.5E$ 。

2. 地理纬度

地面上某点的地理纬度是按下述方法确定的:它是以赤道为基准,以椭圆子午线在该点的法线与赤道面的交角作为该点的地理纬度。用代号 Lat 或 φ 表示,如图 1-4 所示。

某点纬度的计算方法是:从赤道起算,向北或向南沿子午线在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的范围内量至测者所在的纬度圈。在赤道以北的称为北纬,用 N 标示;在赤道以南的称为南纬,用 S 标示。

例如:北京的纬度是 $39^\circ 54'.4N$;广州的纬度为 $23^\circ 08'N$ 。

1.1.4 经、纬差计算

经差为两地之间经度的代数差,用符号 D_λ 表示;纬差为两地纬度之代数差,用 D_φ 表示。经差和纬差是有方向性的,应根据起算点和到达点的相对位置关系确定。如到达点位于起算点以东,为东经差;位于起算点以西,为西经差。同样,如到达点位于起算点以北,为北纬差;位于起算点以南,为南纬差。其计算公式如下:

$$D_\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \quad \text{如图 1-5(a) 所示}$$

$$D_\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 \quad \text{如图 1-5(b) 所示}$$

式中 λ_1, λ_2 ——起始点经度和到达点经度;

φ_1, φ_2 ——起始点纬度和到达点纬度。

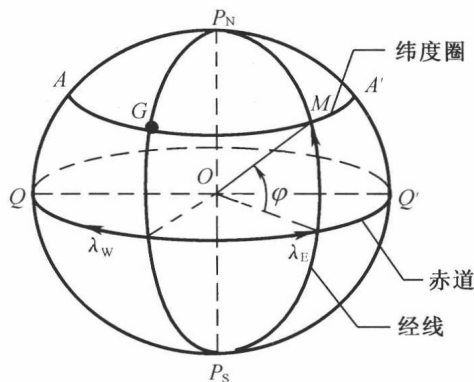
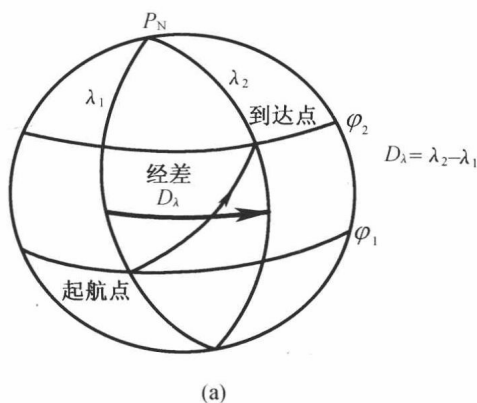
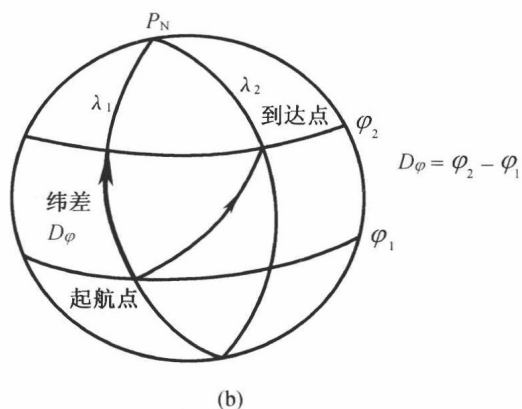


图 1-4 地理经、纬度示意图



(a)



(b)

图 1-5 经、纬差示意图

(a) 经差; (b) 纬差

计算中注意:

- (1) 东经、北纬取正值(+), 西经、南纬取负值(-);
- (2) 经差、纬差为正值, 分别表示东经差和北纬差, 负值表示西经差和南纬差;
- (3) 经差的绝对值不应大于 180° , 当计算结果大于 180° 时, 应由 360° 减去该绝对值, 并改变符号。

1.2 向位与舷角

1.2.1 方向的确定、划分与换算

1. 四个基本方向的确定

通过测者眼睛, 并与该点所受重力方向重合的直线叫做测者铅垂线。凡与测者铅垂线相垂直的平面, 称为测者地平平面, 其中通过测者眼睛的地平平面, 叫做测者真地平平面;

包括测者铅垂线,并与测者子午圈平面相垂直的平面,称为测者东西圈平面(卯酉圈平面)。

航海上测者周围的方向是建立在测者地面真地平平面之上的。如图 1-6 所示, $A'O$ 为测者 A 的铅垂线,测者真地平平面 $WSEN$ 与测者子午圈平面 $P_N A Q P_S Q'$ 相交的直线 SN 称为测者的方向基准线——南北线。它靠近地理北极 P_N 的一方是测者的正北方向;靠近南极 P_S 的一方是测者的正南方向。测者真地平平面与测者卯酉圈平面的交线 WE , 叫做测者东西线。当测者面北背南时测者东西线的右方是正东方向,左方是正西方向。

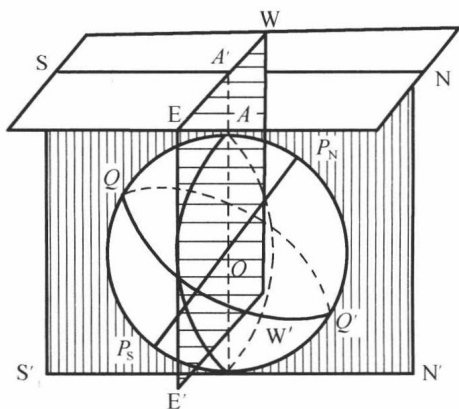


图 1-6 方向构成示意图

位于不同地点的测者,具有不同的测者铅垂线和测者地面真地平平面,其方向基准也各不相同。位于两极的测者无法确定其方向基准;位于南极的测者其任意方向都是正北方向;而位于北极的测者,其任意方向都是正南方向。

2. 航海上方向的划分

仅在测者地面真地平平面上确定四个基本方向,不能完全表示测者地面真地平平面上的其他各个方向,远远不能满足航海上的需要,必须将方向做进一步的划分。航海上常用的划分方向的方法有下列三种。

(1) 圆周法

以正北为方向基准 000° ,按顺时针方向计量至正东为 090° ,正南为 180° ,正西为 270° ,再计量到正北方向为 360° 或 000° 。

圆周法始终用三位数字表示,是航海最常用的表示方向的方法。

(2) 半圆法

以正北或正南为基准,分别向东或向西计量,计量范围 $0^\circ \sim 180^\circ$,除度数外,还应标出起算点和计算方向,如 30°NE , 150°SE , 30°SW , 150°NW 。

任何一个地平平面方向,都有两种半圆法表示法。在天文航海中,常用半圆法表示天体方位。

(3) 罗经点法

如图 1-7 所示,以北、东、南、西四个基本方向为基点;将平分相邻基点之间的地面真地平平面方向称为隅点,即北东(NE)、南东(SE)、南西(SW)和北西(NW)四个方向;将平分相邻基点与隅点之间的地面真地平平面方向称为三字点,其名称由基点名称以后加上隅点名称组成,即北北东(NNE)、东北东(ENE)、东南东(ESE)、南南东(SSE)等

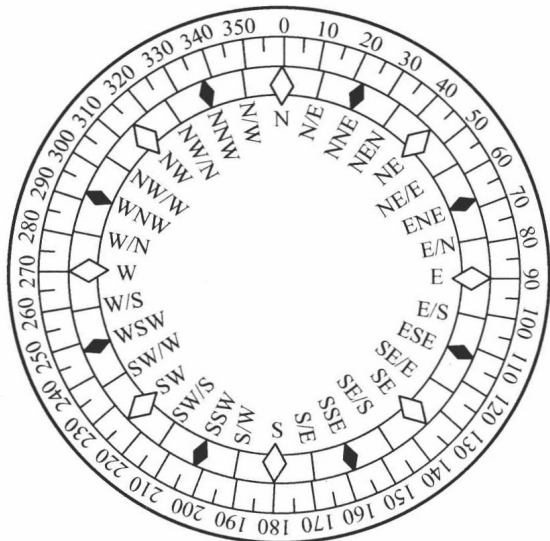


图 1-7 罗经点基点构成示意图

八个方向;再将平分相邻基点或隅点与三字点之间的 16 个地面真地平平面方向称为偏点,偏点名称由基点名称或隅点名称以后加上偏向的方向来组成,例如:北偏东(N/E)、北东偏北(NE/N)、东偏北(E/N)等。

这样,四个基点、四个隅点、八个三字点、十六个偏点共计 32 个方向点,叫做 32 个罗经点。罗经点也可以被认为是两个相邻的罗经点方向之间的角度,因此

$$1 \text{ 点} = 360^\circ / 32 = 11^\circ.25, \text{ 或 } 4 \text{ 点} = 45^\circ$$

过去,罗经点法曾在航海各领域得到广泛运用,而目前仅用它来表示风、流等的大概方向。

3. 三种方向划分之间的换算

根据航海实际的需要,三种方向之间的换算,通常是指将半圆法和罗经点法所表示的方向换算为相应的圆周法方向,其换算方法如下。

(1) 半圆法换算成圆周法的法则

在北东(NE)半圆,圆周度数 = 半圆周度数

在南东(SE)半圆,圆周度数 = $180^\circ - \text{半圆周度数}$

在南西(SW)半圆,圆周度数 = $180^\circ + \text{半圆周度数}$

在北西(NW)半圆,圆周度数 = $360^\circ - \text{半圆周度数}$

(2) 罗经点法换算成圆周法的法则

由于相邻两罗经点之间的角度为 $11^\circ.25$,因此,某个罗经点方向所对应的圆周方向,可根据该罗经点在罗经点法中的点数乘以 $11^\circ.25$ 的法则确定。

根据上述法则将罗经点法换算为圆周法方向固然可行,但是,掌握每个罗经点在罗经点法中的点数比较困难,故该换算方法的应用受到较大的限制。在掌握了所有罗经点的意义、命名方法以及四个基点与四个隅点所对应的圆周法方向的基础上,还可依据下列原则进行换算。

8 个三字点的圆周方向等于相应的基点方向与隅点方向的算术平均值;

16 个偏点的圆周方向等于相应基点或隅点方向 $\pm 11^\circ.25$,其中“ $\pm$ ”应根据该偏点偏向相应基点或隅点的方向确定:顺时针方向取“+”,逆时针方向取“-”。

1.2.2 航向、方位与舷角

航海上经常涉及的方向有两种:游艇航行的方向(航向)和物标的方向(方位)。现将与此有关的若干定义等介绍如下(图 1-8)。

航向线:当游艇无横倾时,艇首尾面(通过游艇铅垂线的纵剖面)与测者地面真地平平面所相交的直线,叫做艇首尾线。艇首尾线向艇首方向的延伸线,叫做航向线,代号 CL。

真航向:游艇航行时,在测者地面真地平平面上,自真北线顺时针方向计量至航向线的角度,称为游艇的真航向,计量范围 $000^\circ \sim 360^\circ$,代号 TC。

方位线:在地球表面上连接测者与物标的大圆弧 AM,叫做物标的方位圈,而物标方位圈平面与测者地面真地平平面相交的直线 AM',称为物

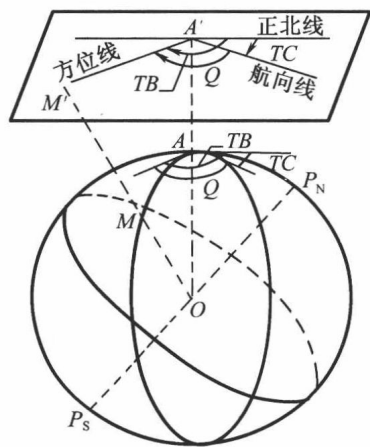


图 1-8 航向、方位与舷角示意图

标的方位线,代号 BL 。

真方位:在测者地面真地平平面上,自正北方向线顺时针方向计量至物标方位线的角度,称为游艇的真方位,计量范围 $000^\circ \sim 360^\circ$,代号 TB 。

舷角:在测者地面真地平平面上,从航向线到物标方位线之间的夹角,称为物标的舷角或相对方位。舷角以航向线为基准,按顺时针方向计量至物标方位线,计量范围 $000^\circ \sim 360^\circ$,始终用三位数表示,代号 Q ;或以艇首向为基准,分别向左或向右计量至物标方位线,计量范围 $0^\circ \sim 180^\circ$,向左计量为左舷角 $Q_{\text{左}}$,向右计量为右舷角 $Q_{\text{右}}$ 。当舷角 $Q = 090^\circ$ 或 $Q_{\text{右}} = 90^\circ$ 时,叫做物标的右正横;当 $Q = 270^\circ$ 或 $Q_{\text{左}} = 90^\circ$ 时,叫做物标的左正横。

物标的真方位是以测者的正北方向线为基准度量的,与航向无关。如果只改变航向,而测者的位置不发生变化,则物标真方位不变。物标的舷角是以游艇首尾线为基准度量的,只要航向发生变化,物标的舷角也随之改变。航向、方位和舷角之间的关系为

$$TB = TC + Q_{\text{右}} \quad \text{或} \quad TB = TC - Q_{\text{左}}$$

如计算所得的真方位值大于 360° 或小于 0° ,则应分别减去或加上 360° 。

1.3 向位的测定与换算

航海上测定向位(航向和方位)的仪器是罗经。目前游艇上配备的罗经有陀螺罗经(俗称电罗经)和磁罗经两大类型。本节重点介绍用磁罗经测定向位的有关概念和向位换算等基础知识。

1.3.1 磁罗经

磁罗经是由我国古代四大发明之一——指南针演变发展而来的(图 1-9)。磁罗经是用来指示游艇航向和观测物标方位的仪器。它的指向原理是根据地磁对于自由磁针“同性相斥、异性相吸”的磁力作用,使磁针的两端指向地磁的南北极,从而达到指向的目的。尽管现代高新航用仪器发展日新月异,但由于磁罗经具有可靠和使用方便等特点,至今仍被广泛应用,是游艇必备的仪器。

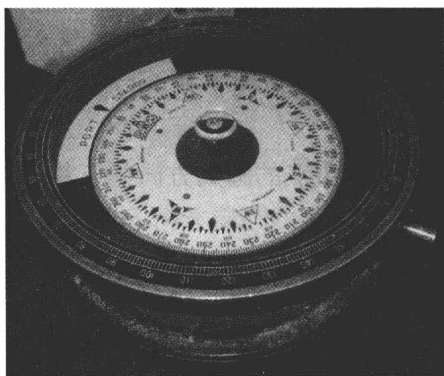


图 1-9 磁罗经图片

1. 地磁与磁差

磁力线方向垂直于地面的点称为地磁磁极;地磁场有两个极,近地理北极的称为地磁北极;近地理南极的称为地磁南极。

如图 1-10 所示,地球周围存在一个天然磁场——地磁,它好像是由地球内部的一个大磁铁所形成的磁场。地面上各点的磁力线方向是不相同的,磁力线方向垂直于地面的点,叫做地磁磁极,靠近地理北极的是磁北极,靠近地理南极的是磁南极。连接地磁北极和地磁南极的直线,称为地磁磁轴,它与地轴约相交成 $11^\circ.5$ 。此外,地磁磁极的位置并不是固定不变的,它沿椭圆轨道缓慢地绕地极移动,约 365 年绕地极一周。

(1) 磁差定义

因为地磁北极与地理北极并不在同一地点,地磁磁场本身又很不规则,所以地面上某点的磁北线与真北线往往不重合。磁北(N_M)偏离真北(N_T)的角度称为磁差,代号 Var 。如

图 1-11 所示,如磁北偏在真北的东面,称磁差偏东,用 E 或 + 表示;磁北偏在真北西面,则称磁差偏西,用 W 或 - 表示。

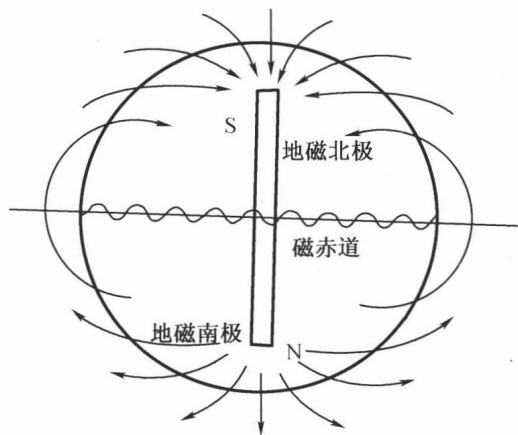


图 1-10 磁力线方向示意图

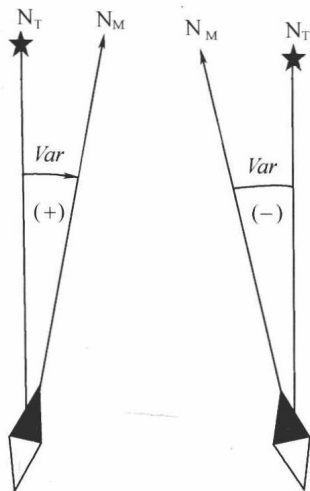


图 1-11 磁差示意图

(2) 磁差的变化

根据地磁磁场的分布情况及其变化规律,磁差的变化具有下列特点:

①磁差随地区变化。由于地磁磁轴并不与地轴重合,而且地磁磁轴也不通过地球球心,加上地磁磁场的不规则性,使得地面上磁力线的分布与走向相当复杂,因此,各地磁差的大小和方向,随各地相对于地理北极和地磁北极的方向的不同而各不相同。低纬地区磁差一般较小,最小可为 0° ;高纬地区,尤其是靠近地磁磁极的地区,磁差值较大而且变化显著,磁差最大可达 180° 。因此,游艇在磁极地区(通常指极区)航行,是无法用磁罗经导航的。

②磁差随时间变化。由于地磁磁极沿椭圆轨道不断地绕地极缓慢移动,因此,同一地点的磁差将随时间逐渐变化,每年大约变化 $0^\circ \sim 0^\circ.2$,叫做磁差的年变化或年差。年差可用东(E)或西(W)表示,也可用磁差绝对值的增加(+)或减少(-)表示。

年差的东(E)或西(W)表示该地磁差每年向东或向西变化,如年差 $0^\circ.2\text{ W}$,表示磁差每年向西变化 $0^\circ.2$,即该地磁北每年向西偏移 $0^\circ.2$;年差的+或-不表示磁差的变化方向,而是指该地磁差绝对值的增加或减少。

③磁差随地磁异常和磁暴变化。沿海某些地区,可能由于地下埋藏着大量磁性矿物的影响,使得该地区的磁差与附近其他地区的磁差有明显的差异,称为地磁异常。各地地磁异常区的有关资料通常刊印在相应的海图和航路指南中,游艇在这些区域航行时,必须格外谨慎。磁差的偶然和罕见的波动,称为磁暴。经研究,它主要与太阳黑子的暴发有关。磁暴的时间一般比较短暂,但它可使磁差在一昼夜中变化几度至几十度。因此,一旦发现磁向位突然发生较大的变化,应特别谨慎。

(3) 磁差的计算

磁差随地区变化,不同地区的磁差值一般经测量得到。此外,由于磁差还随时间变化,因此,仅知道测量当时磁差的大小和方向是不够的,还必须知道该地的年差。完整的磁差

资料应包含:测量当时的磁差值(大小和方向)、年份和年差。

在航用海图上,给出磁差资料的方法一般有下列三种:

①某些航行图和港湾图上,一般在该图的方位圈(即罗经圈,俗称罗经花)上给出该方位圈中心点处的磁差值、测量年份与年差数据,如图 1-12 所示。

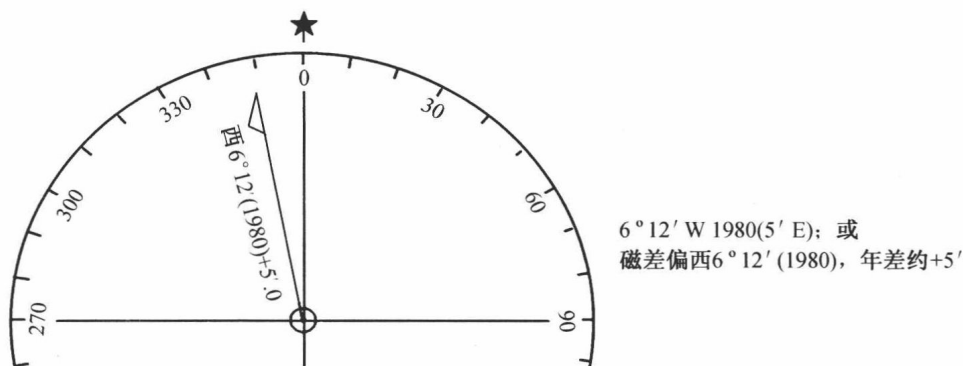


图 1-12 罗经花示意图

②在总图和远洋航行图上,由于海图比例尺小,覆盖范围大,图区内磁差变化较大,因此,只能以等磁差线的形式给出磁差资料。等磁差线是磁差相等的各点的连线,每条等磁差线上都注有相应的磁差和年差,其中 E 和 W 分别表示磁差(年差)偏东和偏西。所提供磁差的年份在海图标题栏内给出。使用该类磁差资料,需根据船位选取相邻的磁差曲线上当年的磁差数据,利用比例内插的方式求取船位处的磁差。

③在一些大比例尺港泊图上,由于比例尺较大,海图覆盖范围较小,整个图区内的磁差可以认为是相等的,因此,通常仅在海图标题栏内给出所在地的磁差资料。

使用磁罗经时,必须适时地查取磁差资料,并按下式求取当地、当时的磁差:

$$\text{所求磁差} = \text{图示磁差} + \text{年差} \times (\text{所求年份} - \text{测量年份})$$

其中,图示磁差取其绝对值,年差增加取+,减少取-。若年差用 E 或 W 表示,则当年差与图示磁差同名时,年差取+,异名时取-;结果为+,所求磁差与图示磁差同名;结果为-,则所求磁差与图示磁差异名。

2. 磁向位

将磁罗经放置在地球上某一点,当它仅受到地磁磁场的作用时,磁针的 NS 线将与该点的地磁磁力线相重合,其 N 极所指的方向(即磁罗经刻度盘 0° 的方向)在地面真地平平面上的投影,即为磁北 N_M 。如图 1-13 所示,磁北线与航向线之间的夹角称为磁航向,代号 MC; 磁北线与方位线之间的夹角称为磁方位,代号 MB。磁航向与磁方位均以磁北为基准,分别按顺时针方向计量至航向线或物标方位线,计量范围 000° ~ 360°。显然,磁向位、磁差和真向

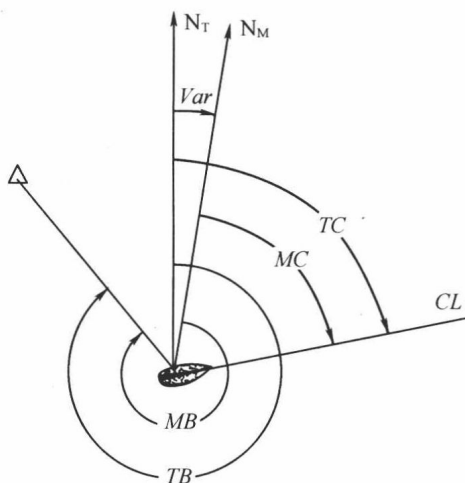


图 1-13 磁航向示意图

位之间的关系为

$$MC = TC - Var$$

$$MB = TB - Var$$

3. 磁罗经自差

(1) 船磁与自差

安装在钢铁制成的游艇上的磁罗经,除了受到地磁的作用外,还将受到游艇上钢铁在地磁磁场中磁化后形成的磁场——游艇磁场的影响以及磁罗经附近电气设备形成的电磁场的影响。这样,致使磁罗经的指北端不再指示磁北方向,而指向上述各磁场的合力方向。此时磁罗经刻度 0° 所指示的北称为罗北,代号 N_c 。

罗北偏离磁北,是由于游艇自身的磁场所引起的,因此,将罗北线与磁北线之间的角度称为自差,用缩写 Dev 或符号 σ 标示。如图1-14所示,如罗北偏在磁北以东,称为东自差,用 E 或 $+$ 标示;若罗北偏在磁北以西,则为西自差,用 W 或 $-$ 标示。

自差的大小和符号与游艇钢铁磁化的性质和程度(船磁)有关,而船磁又与游艇首向和地磁磁力线方向的相对位置有关,即船磁的大小和方向是随航向的不同而改变的。因此,磁罗经的自差也随航向的变化而变化。

此外,自差还可能因游艇装载钢铁和磁性矿物、磁罗经附近铁器和电器的变动、游艇倾斜和游艇所处不同地区磁差的显著变化而有所变动。

(2) 自差资料的求取

如果磁罗经自差较大,则当游艇转向时,转向角度可能和罗经读数的变化数值相差较大,这样,不仅对使用罗经很不方便,而且容易产生错觉,甚至发生事故。因此,当磁罗经自差较大时,必须进行自差校正,尽可能地消除各个方向的自差。

磁罗经自差虽然可以校正,但是不可能把各个方向的自差消除干净,一般还会剩下 $\pm 0^\circ \sim \pm 3^\circ$ 的自差,叫做剩余自差。对磁罗经进行自差的校正以后,应测出8个罗经点方向的剩余自差,然后用曲线法或公式计算法,制成磁罗经自差曲线图(图1-15)或自差表,供游艇航行中向位换算使用。

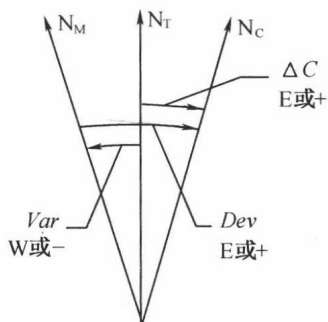


图1-14 自差示意图

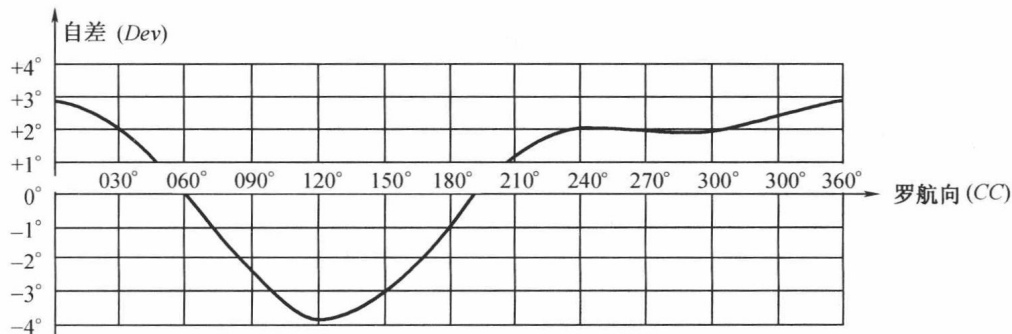


图1-15 磁罗经自差曲线图

磁罗经自差表或自差曲线给出了不同罗航向上的磁罗经自差值,因此,求取磁罗经自差时,应以罗航向为引数查取。如仅知道游艇的真航向而不知道其罗航向时,应用磁航向近似代替罗航向为引数来查取自差,不能够直接用真航向为引数查取自差。否则,在磁差值较大时,所求得的自差将有较大的误差。

利用磁罗经自差表查取自差时,如实际罗航向不刚好是表列罗航向,应分别查取相邻罗航向所对应的自差值,再使用线性内插的方法求取相应的自差,所求自差的精度要求为 $0^{\circ}.1$ 。

4. 罗经差

罗经差即磁罗经误差,代号为 ΔC ,是游艇上磁罗经的磁针在受到地磁和船磁的合力的影响下罗北(N_C)偏开真北(N_T)的夹角。从真北起算,向东或向西,由 0° 到 180° 计算到罗北。当罗北偏在真北之东时是东罗经差,用E或+标示;当罗北偏在真北之西时是西罗经差,用W或-标示(图1-16)。

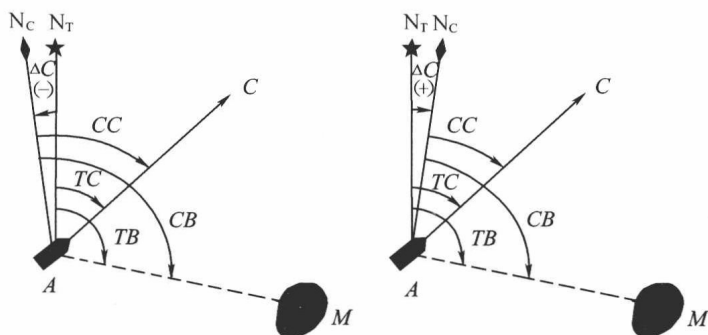


图1-16 罗经差示意图

罗经差是磁差与自差的代数和,即

$$\Delta C = Var + Dev$$

1.3.2 向位换算

前面我们了解子航向与方位的不同表达方式,航海中需要在不同表达方式中互相转换,我们称为向位换算。要正确进行向位换算,首先要了解有关向位的几个概念。

罗航向 CC: 罗北线与航向线之间的夹角。它是从罗北线开始,顺时针计量到航向线的夹角,用圆周法 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 表示。航海中,驾引人员直接从磁罗经上读取的船首线方向就是罗航向。在使用罗航向进行航迹推算及在海图上量取物标方位时,应对所读取的罗航向修正罗经差后方能使用。

罗方位 CB: 罗北线与物标方位线之间的夹角。它是从罗北线开始,顺时针计量到物标方位线,用圆周法 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 表示。

我们根据真北、磁北、罗经北之间的位置关系,进行向位换算,航海上常用以下两种方法。

1. 图解法

首先根据已知条件画出各种不同的基准子午线,以及航向线和方位线,然后从各种不同的基准子午线起算,即可求出各自算到航向线或方位线之间的数值。

例:已知真航向 080° 、罗方位 300° 和磁差 $10^{\circ}E$ 、自差 $8^{\circ}E$,求罗航向和真方位。

根据基线关系和已知的 TC , Var , Dev 画出航向线和方位线,确定磁北、罗北,从而作图求

取 CC 和 TB , 如图 1-17 所示。

2. 公式计算法

根据各基线关系, 向位换算基本运算公式如下:

$$TC = CC + \Delta C = (CC + Dev) + Var = MC + Var$$

$$TB = CB + \Delta C = (CB + Dev) + Var = MB + Var$$

$$MC = CC + Dev = TC - Var$$

$$MB = CB + Dev = TB - Var$$

$$\Delta C = Var + Dev$$

在进行公式运算的过程中, 磁差 Var 、自差 Dev 、罗经差 ΔC 均应缀以符号, 误差偏东(E)为正(+); 误差偏西(W)为负(-)。

3. 向位换算的具体步骤

(1) 先从海图上查出游艇航行海区的磁差资料, 并将它改正到航行年份, 精度只要求到 $0^\circ.1$;

(2) 按罗航向, 或在没有罗航向的情况下用磁航向代替罗航向, 从游艇自差表或自差曲线图中查出当时航向上的自差值, 精度也只要求到 $0^\circ.1$;

(3) 按公式 $\Delta C = Var + Dev$ 求得罗经差, 一般精度要求仅 $0^\circ.5$;

(4) 按向位换算公式进行计算。

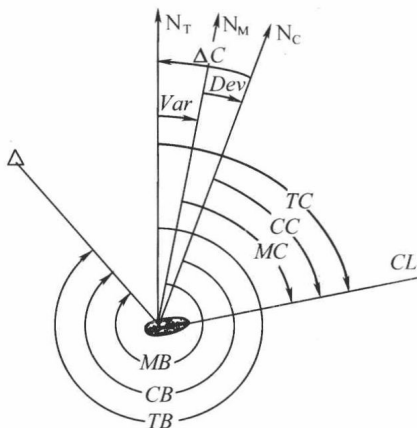


图 1-17 图解法示意图

1.4 罗经差的测定

航海上用磁罗经或陀螺罗经测定航向或方位, 是以罗经北或陀螺北为基准读数的。如果罗经北或陀螺北所指的方向不能和真北完全一致, 我们称存在罗经差或陀螺差。按定义, 罗经北偏在真北之东时, 叫做东罗经差, 此时罗经差 ΔC 为正, 或在它的度数后面用符号“E”来标注; 当罗经北偏在真北之西时, 称为西罗经差, 用符号“W”来标注, 此时罗经差 ΔC 为负。陀螺罗经差 ΔG 按同样的道理可确定其正、负和方向。这样, 由于罗经北或陀螺北偏离真北的缘故, 我们用罗经来测量某个物标的方位时, 将会产生偏差。如果在观测中, 我们能够知道某物标在海图上的真正方位 TB , 则真方位 TB 与罗经观测方位 CB 的差, 即是罗经差 ΔC , 即

$$\Delta C = TB - CB \quad \text{或} \quad \Delta G = TB - GB$$

由于罗经差在航海安全上的重要性, 我们应利用一切的机会来测定罗经差。如有条件, 应选择有准确位置的, 在岸上专设的人工校差叠标或导航叠标来测定罗经差, 也可在已知游艇船方位情况下测定远方的单一物标方位来求取罗经差; 也可利用天文观测的方法, 测定太阳低高度方位、太阳真出没方位或测北极星方位求罗经差。测定罗经差时, 关键是求取物标的真方位, 然后利用罗经准确测定其罗方位, 经比较就可求出罗经差来了。

1.4.1 测叠标方位求罗经差

在沿岸, 常有专设的罗经校正标或专设叠标, 此类叠标位置较准确, 叠标的真方位 TB 可在海图上直接量取。但在视界范围内选取叠标时, 为保证罗经差的测定精度, 必须选择合适的叠标或物标来测定。