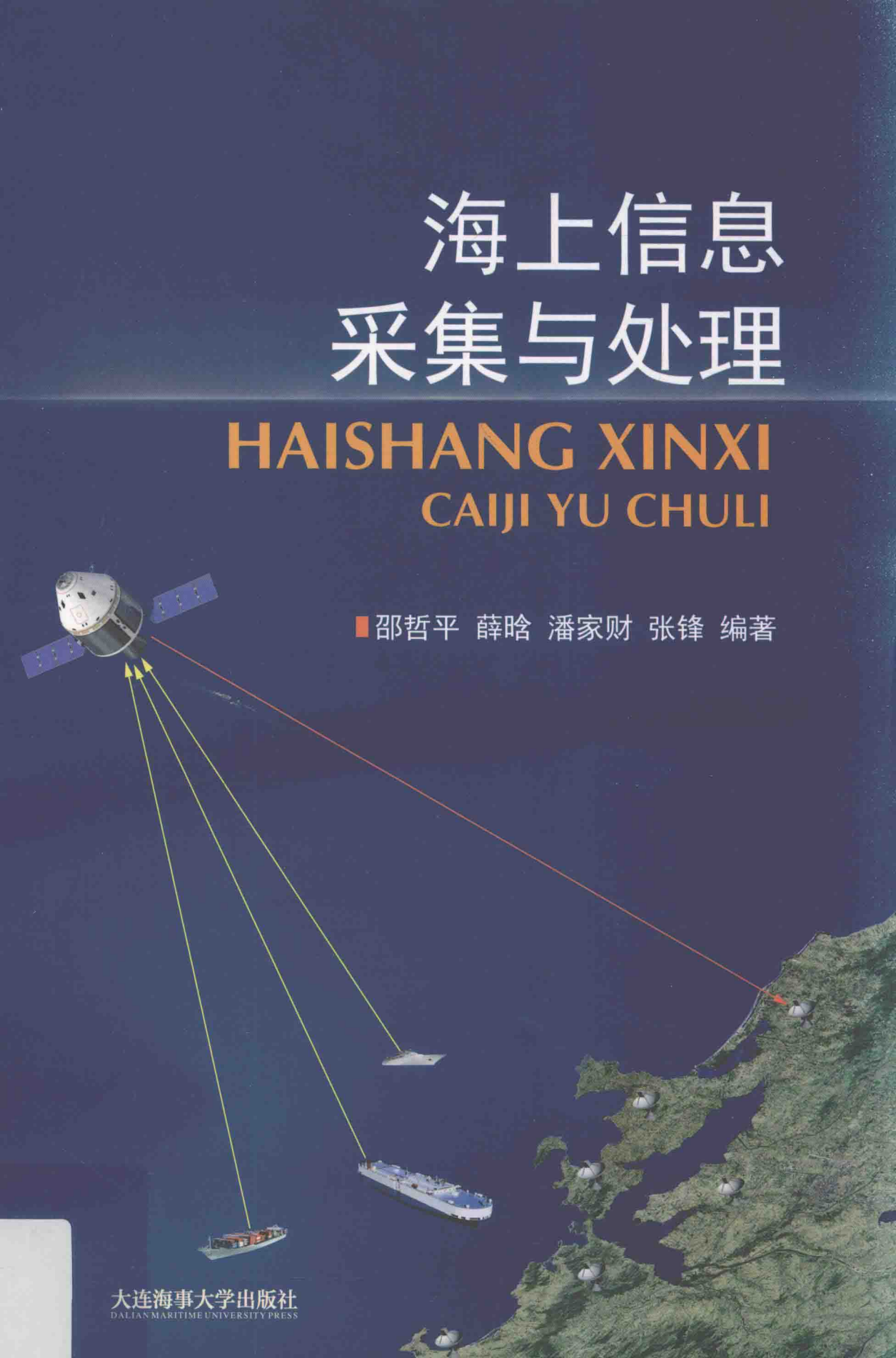


海上信息 采集与处理

HAISHANG XINXI
CAIJI YU CHULI

邵哲平 薛晗 潘家财 张锋 编著

大连海事大学出版社
DALIAN MARITIME UNIVERSITY PRESS



海上信息采集与处理

邵哲平 薛晗 潘家财 张锋 编著

大连海事大学出版社

© 邵哲平等 2017

图书在版编目(CIP)数据

海上信息采集与处理 / 邵哲平等编著. —大连 :
大连海事大学出版社, 2017. 8
ISBN 978-7-5632-3518-6

I. ①海… II. ①邵… III. ①航海导航—信息系统
IV. ①U675.7-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 189070 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路1号 邮编:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连住友彩色印刷有限公司印装

大连海事大学出版社发行

2017 年 8 月第 1 版

2017 年 8 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm

印张:14

字数:330 千

印数:1 ~ 600 册

出版人:徐华东

责任编辑:张 华

责任校对:张 冰 宋彩霞

封面设计:张爱妮

版式设计:解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-3518-6 定价:39.00 元

前 言

定位精度的不断提高以及信息技术、计算机技术、通信技术在海上交通中的应用不断深入,加速了船舶朝着智能船舶、无人船舶的方向发展,港口朝着智能港口、智慧港口的方向发展。随着交通信息的不断丰富,海上交通大数据的应用也蓬勃兴起。这些的基础都必须从信息的采集与处理开始。本书得到了2015年国家自然科学基金项目《全天候智能型航海模拟器的关键技术研究》(项目编号51579114)的支持。

现代科学技术的发展成就使航海技术取得了长足的进步。信息科学、计算机技术、电子技术、通信技术及空间卫星技术在航海上的成功应用,使航海技术发生了极为深刻的变革。基于卫星通信的船舶数据采集与处理系统,实现了岸基与船舶之间双向的远程数据采集和处理,为船舶的安全航行提供了更有力的技术保障,为提高船舶自动化和现代化管理提供了技术平台。实时采集处理与海上交通相关的各种信息,对于船舶的安全航行及实现航海智能化和无人化是十分重要的。本书从实用的角度出发,论述了海上信息采集处理系统的组成、功能及工作原理,解决多源海上信息的采集、处理、显示等问题。

本书第一章介绍航海学中的坐标、方向与距离,第二章介绍采集船舶GPS输出信息数据,第三章介绍采集目标船AIS信息,第四章介绍面向海上信息采集的串口通信及编程,第五章介绍面向海上信息采集的网络通信及编程,第六章介绍AIS航迹处理与在线分析。附录为各种相配套的软硬件实验。

本书中所用的专业科技名词术语及其英文译名,均以1996年全国自然科学名词审定委员会(现为全国科学技术名词审定委员会)公布的《航海科技名词》为准。本书第二章中的GPS接收机数据输出格式,遵守NMEA-0183标准协议,这是由美国国家海洋电子协会(The National Marine Electronics Association, NMEA)制定的协议。本书第三章中AIS的数据格式,遵守ITU-R M.1371协议,这是由国际电信联盟制定的协议。

限于编者水平,书中难免有不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2017年7月

目 录

第一章 坐标、方向与距离	1
第一节 地理坐标	1
第二节 方向的确定和划分	5
第三节 航向与方位	7
第四节 能见距离	11
第五节 航速、航程	14
第二章 采集船舶 GPS 输出信息数据	20
第一节 GPS 概述	20
第二节 NMEA 协议概述	24
第三节 NMEA 标准消息格式	25
第三章 采集目标船 AIS 信息	39
第一节 船舶自动识别系统(AIS)	39
第二节 AIS 数据解析	41
第三节 AIS 电文	52
第四章 面向海上信息采集的串口通信及编程	83
第一节 串口通信原理	83
第二节 RS-232 串口协议	86
第三节 其他串口	90
第四节 AIS 串口数据的采集	96
第五节 GPS 串口数据的采集	99
第五章 面向海上信息采集的网络通信及编程	112
第一节 网络通信基础	112
第二节 基于网络通信的 AIS 解析入库	116

第六章 AIS 航迹处理与在线分析	130
第一节 典型轨迹的建立	130
第二节 船舶异常行为实例验证	132
附录	137
实验一 卫星导航仪的正确使用	137
实验二 AIS 设备的认识与使用	161
实验三 基于单片机的串口通信	181
实验四 GPS 信息采集与处理设计报告	189
实验五 基于单片机的 GPS 数据解析	195
实验六 基于 DSP 的串口通信	203
参考文献	217

第一章 坐标、方向与距离

第一节 地理坐标

一、地球形体

船舶在海上航行时,需要确定船舶的位置、航向和航程,这就要求在地球表面建立坐标系和确定方向的基准线,因此要对地球的形状有一定的了解。

地球的自然表面是不平坦的,是一个非常复杂而又不规则的曲面。陆地上有高山、深谷和平地;海洋里有岛屿和海沟。因此,地球的自然表面不是数学曲面,不能直接在其上进行运算,也不能直接在其上建立坐标系。

航海上所研究的地球形状,是指由假想的大地水准面所包围的闭合几何体——大地球体。所谓大地水准面,是指与各地铅垂线相垂直且与完全均衡状态的海平面相一致的水准面,详细地说大地水准面是与平均海面相重合且延伸至大陆底部的一个连续的、无叠痕的、无棱角的闭合曲面。大地球体仍是一个不规则的球体,不是数学曲面,不能直接在其上进行运算,也不能直接在其上建立坐标系。怎么办呢?一般在航海上,以大地球体的近似体代替大地球体来建立坐标系进行航海计算,以地球圆球体作为它的第一近似体,而以地球椭圆体作为它的第二近似体。

1. 第一近似体——地球圆球体

在解决一般航海问题时,为了计算上的简便,通常是将大地球体当作地球圆球体,其半径 $R \approx 6\,371\,110\text{ m}$ 。

2. 第二近似体——地球椭圆体

在较为准确的航海计算中,需要将大地球体当作地球椭圆体,如图 1-1 所示,地球椭圆体是由椭圆 $P_N q P_S q'$ 绕其短轴 $P_N P_S$ 旋转一周而形成的几何体。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 ,它们之间的相互关系是:

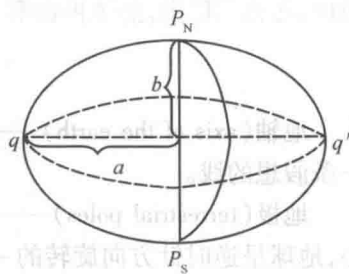


图 1-1 地球椭圆体示意图

$$c = \frac{a - b}{a}$$

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a}$$

$$e^2 \approx 2c$$

在不同的历史时期,依据的测量结果不同,因而所推算出的地球椭圆体的参数也不相

同。我国从 1954 年开始采用苏联克拉索夫斯基椭圆体参数,现在准备逐步采用国际大地测量和地球物理学联合会(International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG)1975 年推荐的地球椭圆体参数,如表 1-1 所示。

表 1-1 地球椭圆体参数

椭圆体名称	年份	长半轴 $a(\text{m})$	扁率 c	主要使用地区及说明
白塞尔	1841	6 377 397	1:299.152 8	德国、瑞士、日本
克拉克	1866	6 378 206.4	1:294.978	美国、加拿大、墨西哥
海福特	1910	6 378 388	1:297.0	法国等西欧国家、美国
克拉索夫斯基	1940	6 378 245	1:298.3	苏联、东欧、中国
IUGG 推荐值	1975	6 378 140	1:298.257	第 16 届 IUGG 推荐
IUGG 推荐值	1983	6 378 136	1:298.257	第 18 届 IUGG 推荐
WGS-84	1984	6 378 137	1:298.257 223 563	美国 GPS 卫星导航系统

二、地球上的基本点、线、圈

图 1-2 所示即为把地球看作第二近似体——椭圆体, O 为地球中心。

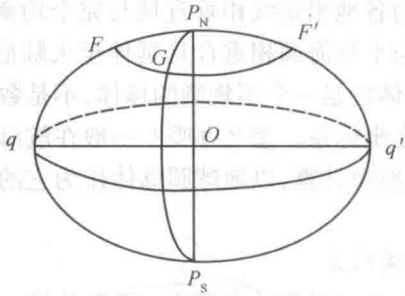


图 1-2 地球椭圆体示意图

地轴(axis of the earth)——地球自转的轴($P_N P_S$),即通过地球中心连接南极和北极的一条假想的线。

地极(terrestrial poles)——地轴与地球表面相交的两点。从地极上空俯视,以极为中心,地球呈逆时针方向旋转的一极是北极 P_N ;相反,顺时针方向旋转的一极是南极 P_S 。

赤道(equator)——通过地心,垂直于地轴的平面与地球表面的截痕(qq')。它将地球分为南、北两个半球,包含北极的半球称为北半球,包含南极的半球称为南半球。

经线(meridian line, longitude line)——又称子午线,通过地面某点并连接地球南、北两极之间的半个大圆($P_N F_q P_S$)。

格林经线(Greenwich meridian)——通过英国伦敦格林尼治天文台原址的经线($P_N G P_S$),又称本初子午线或零度经线。

纬度平行圈(parallel of latitude)——简称纬圈,平行于赤道的小圆(FGF')。纬圈的一段圆弧称为纬线(latitude line)。

三、地理坐标

平面上某点的位置可以用直角坐标和极坐标确定,地面上某点的位置可以用地理坐标来确定,它建立在地球椭圆柱体表面上,包括地理纬度和地理经度。

1. 基准圈、辅助圈和坐标原点

在地理坐标中,以赤道和格林经线为基准圈,以赤道和格林经线的交点为坐标原点。辅助圈是纬线和经线。

2. 地理纬度 (Geographic latitude) φ

地理纬度简称纬度,是指地球椭圆子午线上某点法线与赤道面的夹角,如图 1-3 所示,用 Lat 或 φ 表示。度量方法是从赤道起,向北或向南计量,范围是 $0^\circ \sim 90^\circ$,从赤道向北计量的叫北纬,用“N”表示;向南计量的叫南纬,用“S”表示,如某点的地理纬度为:

$$\varphi = 51^\circ 54' 22'' \text{N}$$

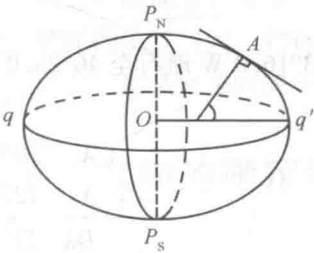


图 1-3 地理纬度示意图

3. 地理经度 (Geographic longitude) λ

地理经度简称经度,是指格林经线与某点经线在赤道上所夹的短弧长,或该短弧所对的球心角(或极角),一般用 Long 或 λ 表示。度量方法是从格林经线起,在赤道上向东或向西量到通过该点的经线止,范围是 $0^\circ \sim 180^\circ$,从格林经线向东计算的叫东经,用“E”表示;向西计算的叫西经,用“W”表示,如图 1-4 所示 F 点的地理经度为:

$$\lambda = 65^\circ 28' 12'' \text{E}$$

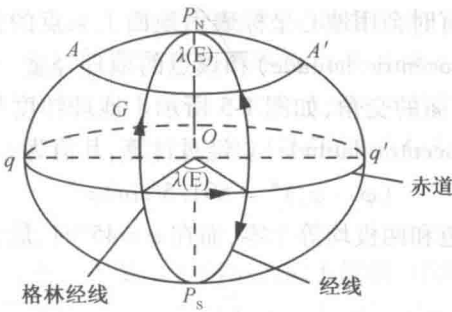


图 1-4 地理经度示意图

4. 纬差与经差 (difference of latitude and difference of longitude) $D\varphi$ 与 $D\lambda$

当船舶由一点航行至另一点时,它的经度和纬度便发生了变化,其方向和大小的改变用

纬差和经差来表示。

纬差 $D\varphi$ ——地面上两点间纬度之差,范围是 $0^\circ \sim 180^\circ$,当到达点在起航点之北,则为北,用“N”表示;反之,当到达点在起航点之南,则纬差为南,用“S”表示。

经差 $D\lambda$ ——地面上两点间经度之差,范围是 $0^\circ \sim 180^\circ$,当到达点在起航点之东,则经差为东,用“E”表示;反之,当到达点在起航点之西,则经差为西,用“W”表示。设到达点地理坐标为 (φ_2, λ_2) , 起航点地理坐标为 (φ_1, λ_1) , 则经差和纬差的计算公式如下:

$$D\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$D\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$$

运用上述两式计算时应注意:

- (1) 北纬、东经取正值(+), 南纬、西经取负值(-);
- (2) 纬差、经差也有符号, 正值(+)为北纬差、东经差, 负值(-)为南纬差、西经差;
- (3) 经差不大于 180° , 如果大于 180° 时, 应用 360° 减去该值, 并改变其原来的方向符号。

例 1-1: 某船由 $33^\circ 48.0'N, 123^\circ 16.0'W$ 航行至 $46^\circ 28.0'N, 96^\circ 14.0'W$, 求两地的纬差和经差。

φ_2	$46^\circ 28.0'N(+)$	λ_2	$96^\circ 14.0'W(-)$				
-)	φ_1	$33^\circ 48.0'N(+)$	-)	λ_1	$123^\circ 16.0'W(-)$		
$D\varphi$		$12^\circ 40.0'N$		$D\lambda$		$27^\circ 02.0'E$	

例 1-2: 某船由 $55^\circ 18.0'S, 122^\circ 21.0'E$ 航行至 $66^\circ 24.0'N, 154^\circ 13.0'W$, 求两地的纬差和经差。

φ_2	$66^\circ 24.0'N(+)$	λ_2	$154^\circ 13.0'W(-)$				
-)	φ_1	$55^\circ 18.0'S(-)$	-)	λ_1	$122^\circ 21.0'E(+)$		
$D\varphi$		$121^\circ 42.0'N$		$D\lambda$		$276^\circ 34.0'W$ 即 $83^\circ 26.0'E$	

四、地心坐标

除地理坐标外,航海上有时会用地心坐标表示地面上某点的位置。地心坐标的两个坐标值是该点的地心纬度(Geocentric latitude)和该点的地理经度。某点的地心纬度 φ_e 是该点地球椭圆体的向径与赤道面的交角,如图 1-5 所示。地理纬度与地心纬度之差称为地心纬度改正量(correction of geocentric latitude)。经过计算,其值为:

$$(\varphi - \varphi_e)'' = 691.5'' \sin 2\varphi$$

很明显,其改正量在赤道和两极均等于零,而在 $\varphi = 45^\circ$ 时,最大值可达 $11.5'$ 。

五、大地坐标系

对于地球椭圆体,仅仅知道它的参数是不够的,还必须建立大地坐标系,对具有一定参数的椭圆体进行定位和定向,确定它与大地球体的相对位置。前面所讲的地理坐标是在相应的大地坐标系下确定的椭圆体表面上建立的。因此,用地理坐标来表示船舶与物标的位置也只能在相应的大地坐标系下成立,具有相对性。

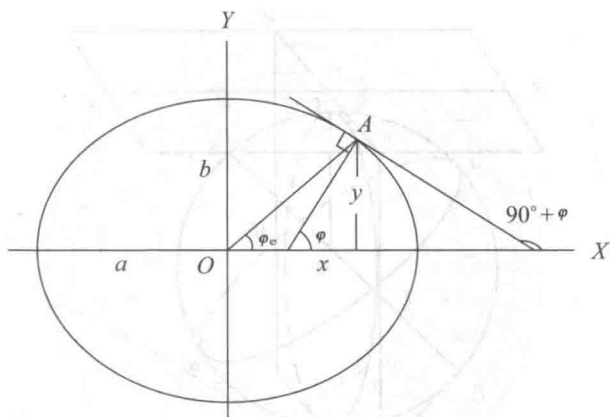


图 1-5 地心纬度示意图

各国在建立大地坐标系时,为使选定的地球椭圆体与其所在地区的大地水准面更为接近,通常采用不同的坐标系。同一船舶的位置与同一物标的位置在不同的大地坐标系中其地理坐标往往是不同的,应进行不同的大地坐标系间的坐标变换。

第二节 方向的确定和划分

一、四个基本方向(N、E、S、W)的确定

船舶驾驶员引导船舶从起航点驶向到达点,首先必须明确到达点在起航点的什么方向上,然后沿着这个方向航行,才能到达目的地。所谓方向(direction)是指空间的指向。但航海所指的方向是在测者地面真地平平面上的指向。如图 1-6 所示,测者站在 A 点,A'为测者的眼睛,AA'为测者眼高,通过测者眼睛 A'且与测者铅垂线 OA'垂直的平面 NESW 即为测者地面真地平平面;P_NAqP_sq'为测者子午圈平面,过测者铅垂线 OA'且与测者子午圈平面相垂直的平面为测者东西圈(天文上又称卯酉圈)平面。测者子午圈平面与测者地面真地平平面的交线 NS 称为南北线,其中靠近北极 P_N一端的方向为正北方向,用“N”表示;相反的方向为正南方向,用“S”表示。测者东西圈平面与测者地面真地平平面的交线 EW 称为东西线,当测者面向正北方向时,右手所指方向为正东方向,用“E”表示;左手所指方向为正西方向,用“W”表示,为记忆方便,请记住“面北背南,左西右东”。

二、方向的划分

在航海实际工作中,仅有四个基本方向是远远不够的,还需要在这四个基本方向的基础上,通过不同的方法做更详细的划分。航海上划分方向的方法有三种。

1. 圆周法(three figure method)

圆周法是航海上表示方向的最常用的一种方法。它是从正北开始,按顺时针方向度量,由 000°~360°,其中正北方向为 000°,正东方向为 090°,正南方向为 180°,正西方向为 270°。为区别其他方向的表示方法,在书写圆周法方向时要用三位数字表示,如 030°、097°等。

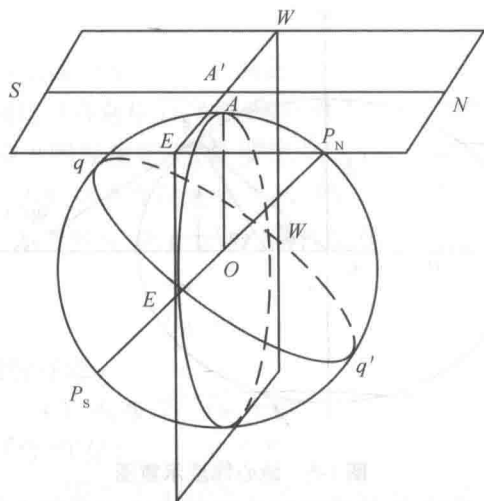


图 1-6 四个基本方向确定示意图

2. 半圆法 (semicircular method)

半圆法主要用于表示天体的方向。它是将测者地面真地平平面分成 2 个 180° 的半圆，然后从北或从南向东或向西各以 0° 计量到 180° 。半圆法除用度数表示大小外，还在度数后面用 2 个字母标明方向的起算点和计量方向，其中第一字母表示该方向从北点(N)还是南点(S)起算；第二字母表示方向起算后是向东(E)还是向西(W)计量，如 35°NE ，表示 35° 的方向是以 N 点开始起算，向 E 计量。

3. 罗经点法 (compass point method)

大家肯定见过如图 1-7 所示的罗经面板，在罗经面板上列出了 32 个方向 (又称 32 个罗经点)，在粗略表示方向的时候，可以用这种方法。如在表示风向的时候，平时听天气预报，说明天预计吹北风，这里预报的“北风”是大概的，绝对不是每时每刻都是 000° ，是一个大概的方向，因为大自然中的风向每时每刻都在变化着。这样把测者地面真地平平面分成 32 个方向的方法就是罗经点法。每个点 (即每两个方向之间间隔) 为 11.25° 。这 32 个点由 4 个基点 (N、E、S、W)、4 个隅点 (NE、SE、NW、SW)、8 个三字点 (NNE、ENE、ESE、SSE、SSW、WSW、WNW、NNW) 和 16 个偏点 (N/E、NE/N、NE/E...) 组成，其所有点均冠有方向名称。

三、方向的换算

1. 将半圆法换算为圆周法

通过半圆法和圆周法的划分方法便知它们之间的换算关系如下：

在 NE 半圆：圆周度数 = 半圆

在 SE 半圆：圆周度数 = $180^\circ -$ 半圆度数

在 SW 半圆：圆周度数 = $180^\circ +$ 半圆度数

在 NW 半圆：圆周度数 = $360^\circ -$ 半圆度数

例 1-3: 已知半圆法方向 40°NE 、 70°SE 、 100°SW 和 120°NW ，分别求出各自对应的圆周度数。



图 1-7 罗经点示意图

解:根据半圆法与圆周法的换算关系可得出下列结果:

半圆度数:40°NE 70°SE 100°SW 120°NW

圆周度数:040° 110°(180° - 70°) 280°(180° + 100°) 240°(360° - 120°)

2. 将罗经点法换算为圆周法

根据一个点等于 11.25°,两者的换算可以通过下列两种方法来解决:

(1)记住基点与隅点共 8 个点的圆周法的度数,然后根据所求罗经点在最靠近的基点或隅点的左、右第 1 或第 2 个点,加或减 1 或 2 个点的度数,即 11.25°或 22.5°,其结果就是圆周法的度数。

(2)用所求罗经点所位于的点数乘上 11.25°即可求出圆周法的度数。

例 1-4:已知罗经点 SE/E,求圆周法方向。

解:用第一种方法:由于 SE/E 位于隅点 SE(135°)左第 1 个罗经点,故:

SE/E 的圆周法度数 = 135° - 11.25° = 123.75°

用第二种方法:由于 SE/E 位于第 11 个罗经点,故:

SE/E 的圆周法度数 = 11 × 11.25° = 123.75°

航海上半圆法与圆周法的换算使用得比较普遍,罗经点法与圆周法的换算用得较少。

第三节 航向与方位

在航行中,驾驶员要经常掌握船舶航行的方向,以及各种物标如灯塔或会遇船等的方向。它们的定义如下。

一、航向

1. 航向线与船首向

(1) 航向线 (course line) CL : 当船正浮时, 通过船舶铅垂线的纵剖面是船首尾面。船首尾面与地面真地平平面相交的直线称为船首尾线, 其中船首尾线向船首方向的射线称为航向线, 如图 1-8 所示。

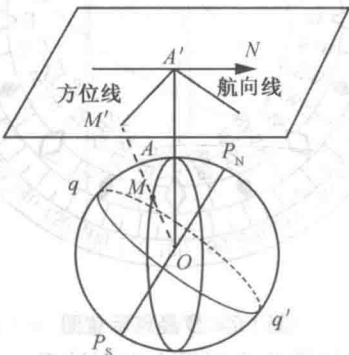


图 1-8 航向线与方位线示意图

(2) 船首向 (heading) Hdg : 船舶航行时, 船首所指的方向。

2. 航向 (course) C

航向即船舶航行的方向, 是船舶航向线与某基准方向之间的夹角。由于基准方向的不同, 航向又分为真航向 (true course) TC 、磁航向 (magnetic course) MC 、罗航向 (compass course) CC 和陀罗航向 (gyrocompass course) GC 四种航向, 如图 1-9 所示。

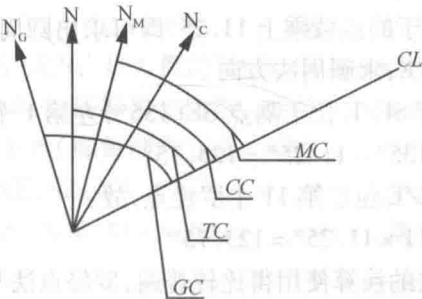


图 1-9 四种航向示意图

- (1) 真航向是从真北起算顺时针由 $0^\circ \sim 360^\circ$ 量到船舶航向线的角度, 用 TC 表示。
 - (2) 磁航向是从磁北起算顺时针由 $0^\circ \sim 360^\circ$ 量到船舶航向线的角度, 用 MC 表示。
 - (3) 罗航向是罗北起算顺时针由 $0^\circ \sim 360^\circ$ 量到船舶航向线的角度, 用 CC 表示。
 - (4) 陀罗航向是从陀罗北起算顺时针由 $0^\circ \sim 360^\circ$ 量到船舶航向线的角度, 用 GC 表示。
- 航向一般用 3 位数来表示, 如 102° 、 195° 等。

二、方位

1. 方位线 (bearing line) BL

在测者地面真地平平面上,测者与物标的连线称为物标方位线,如图 1-10 所示。

2. 方位 (bearing) B

在测者地面真地平平面上,测者看物标所在方向,即物标方位线与基准方向之间的夹角称为方位。由于基准方向的不同,方位又分为真方位 (true bearing) TB 、磁方位 (magnetic bearing) MB 、罗方位 (compass bearing) CB 和陀罗方位 (gyrocompass bearing) GB ,如图 1-10 所示。它们分别是物标方位线与真北、磁北、罗北和陀罗北之间的夹角,度量方法是从各自的北开始,顺时针旋转由 $0^\circ \sim 360^\circ$ 量到物标方位线的角度。

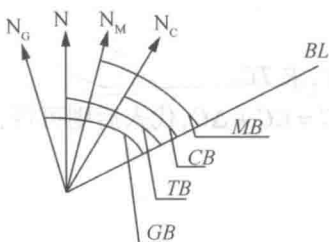


图 1-10 四种方位示意图

3. 舷角 (relative bearing) Q

物标方位线与船首线之间的夹角称之为舷角或相对方位,舷角的度量方法有两种:一种是从船首线开始,按顺时针方向由 $0^\circ \sim 360^\circ$ 计量到物标方位线,也可称之为圆周法舷角,简称舷角;另一种是从船首线开始,向左或向右由 $0^\circ \sim 180^\circ$ 计量到物标方位线,也可称之为半圆法舷角,向左计量的称左舷角,向右计量的称右舷角。圆周法舷角在书写时用 Q 表示,半圆法舷角中左舷角用“ $Q_{左}$ ”或“ Q_L ”表示,右舷角用“ $Q_{右}$ ”或“ Q_S ”表示。当舷角 Q 为 090° 或右舷角 $Q_{右}$ 为 90° 时称为物标的右正横;当舷角 Q 为 270° 或左舷角 $Q_{左}$ 为 90° 时称为物标的左正横。

三、向位换算

向位换算即各种航向与向位之间的换算。在航海实践中,不但时常要进行航向之间、方位之间的换算,而且还要进行航向、方位和舷角之间的换算。由图 1-9 和图 1-10 可得出向位换算的公式如下。

1. 各种航向之间的换算

$$TC = CC + \Delta C$$

$$TC = MC + Var$$

$$MC = CC + Dev$$

$$TC = GC + \Delta G$$

2. 各种方位之间的换算

$$TB = CB + \Delta C$$

$$TB = MB + Var$$

$$MB = CB + Dev$$

$$TB = GB + \Delta G$$

3. 磁差、自差、罗经差之间的换算

$$\Delta C = Dev + Var$$

4. 航向与方位之间的换算

$$TB = TC + Q$$

$$CB = CC + Q$$

$$MB = MC + Q$$

$$GB = GC + Q$$

例 1-5: 已知 $CC050^\circ$, $\Delta C3^\circ W$, 求 TC 。

解: 由航向换算公式可知, $TC = CC + \Delta C$, 代入后则可得:

$$\begin{array}{r} CC \quad 050^\circ \\ +) \quad \Delta C \quad 3^\circ W \\ \hline TC \quad 047^\circ \end{array}$$

例 1-6: 1995 年 8 月 20 日, 某船航行于某海区, 已知 $TC220^\circ$, 当地磁差 $Var5^\circ W$ (1985) ($3.0^\circ W$), 用自差表求该船的罗航向 CC 。

解: 在航海实践中, 通常是由已知 TC 求 CC , 因此在查取自差时, 可用磁航向代替罗航向查表求自差, 再通过计算求罗航向。由于在正常时磁航向与罗航向之间相差不会大于 3° , 经内插求自差后, 差值很小, 因此用磁航向代替罗航向查表所求得自差值是能够满足航海上需要的。

(1)

$$\begin{array}{r} Var_{85} \quad 5.0^\circ W \\ +) \quad (1995 - 1985) \times 3.0' = 30.0' \\ \hline Var_{95} \quad 5^\circ 30.0' W \end{array}$$

(2)

$$\begin{array}{r} TC \quad 220^\circ \\ -) \quad Var_{95} \quad 5.5^\circ W \\ \hline MC \quad 225.5^\circ \end{array}$$

(3) 用 225.5° 查自差表 1-1-2 可得 $Dev3.6^\circ E$, 则:

$$\begin{array}{r} Var_{95} \quad 5.5^\circ \\ +) \quad Dev \quad 3.6^\circ E \\ \hline \Delta C \quad 1.9^\circ W \end{array}$$

(4)

$$TC \quad 220.0^\circ$$

$$-) \quad \Delta C \quad 1.9^\circ W$$

$$CC \quad 221.9^\circ$$

例 1-7: 已知某物标 $CB055^\circ$, $\Delta C - 5^\circ$, 求 TB 。

解: 将有关数据代入公式可得:

$$CB \quad 055^\circ$$

$$-) \quad \Delta C \quad -5^\circ$$

$$TB \quad 050^\circ$$

例 1-8: 已知某物标 $TB030^\circ$, 该海区磁差 $Var7^\circ 18.0' W$, 某船自差, $Dev2.3^\circ E$, 求该物标 CB 。

解: (1)

$$Var \quad 7^\circ 18.0' W$$

$$+) \quad Dev \quad 2.3^\circ E$$

$$\Delta C \quad 5.0^\circ W$$

(2)

$$TB \quad 030^\circ$$

$$-) \quad \Delta C \quad 5^\circ W$$

$$CB \quad 035^\circ$$

例 1-9: 已知某物标左舷角 $Q_L 65^\circ$, 求圆周法舷角 Q 。

解: 将有关数据代入公式可得:

$$360^\circ$$

$$-) \quad Q_L \quad 65^\circ$$

$$Q \quad 295^\circ$$

例 1-10: 某船真航向 $TC220^\circ$, 测得某物标右舷角为 $Q_s 35^\circ$, 求该物标的真方位。

解: 将上述有关数据代入公式中, 则:

$$TC \quad 220^\circ$$

$$+) \quad Q_s \quad 35^\circ$$

$$TB \quad 255^\circ$$

第四节 能见距离

一、海上长度单位

1. 海里 (nautical mile) n mile

航海上最常用的长度单位是海里。地球椭圆子午线上纬度 $1'$ 所对应的弧长称为