

海船船员适任考试培训用书



中华人民共和国辽宁海事局、大连海事大学组织编写

航海学

丁 勇 主编
东 昉 主审



大连海事大学出版社

海船船员适任考试培训用书

中华人民共和国辽宁海事局、大连海事大学组织编写

航海学

丁 勇 主 编
东 昉 主 审

大连海事大学出版社

内容提要

本书共分九章,第一章介绍了地理坐标、方位、航向、航程和海图识图与使用等;第二章介绍了磁罗经、陀螺罗经、计程仪和测深仪的基本工作原理和使用方法及其注意事项;第三章介绍了航迹推算与陆标定位的方法及其注意事项;第四章介绍了天文定位的基本原理、方法、要求和注意事项以及观测天体求罗经差的方法和注意事项;第五章介绍了航海雷达的基本工作原理和使用注意事项;第六章介绍了无线电测向仪、罗兰 C 和 GPS 的基本工作原理和使用注意事项;第七章介绍了船位误差的基础知识,着重介绍了对船位误差的处理方法和注意事项;第八章介绍了航海图书资料的使用及其改正方法;第九章介绍了航线选定和沿岸、狭水道、特殊条件下的航行方法。

本书的内容符合中华人民共和国海事局 1998 年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》航海学科目的要求,适用于无限航区、近洋航区和沿岸航区船长/大副和二/三副考试培训,也可作为航海院校师生和其他航海从业人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

航海学/丁勇主编. —大连:大连海事大学出版社,2000.9

(海船船员适任考试培训用书)

ISBN 7-5632-1429-1

I. 航… II. 丁… III. 航海学 IV. U675

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 46878 号

大连海事大学出版社出版

(大连市凌水桥 邮政编码 116026 电话 4728394 传真 4727996)

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

大连理工大学印刷厂印装 大连海事大学出版社发行

2000 年 11 月第 1 版 2000 年 11 月第 1 次印刷

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:21.25

字数:530 千 印数:0001~5000 册

责任编辑:史洪源 封面设计:王 艳

定价:38.00 元

序

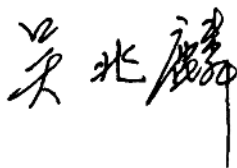
在辽宁海事局和大连海事大学的精心组织下,“海船船员适任考试(驾驶)培训用书”出版发行了,这是航运界的一件大事,我表示衷心地祝贺。

回顾过去,根据中华人民共和国港务监督局《1988年海船船长、驾驶员考试大纲》的要求,大连海运学院和大连海上安全监督局等单位于1992年7月组织编写了“高级船员适任证书考试用航海培训教材”,出版后受到全国各地海员的热烈欢迎,一印再印,长销不衰。在驾驶人员考证培训、自学提高及考试发证机关命题参考等方面,发挥了重要作用。

为了满足《STCW 78/95公约》和中华人民共和国海事局1998年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》的要求,1999年5月,辽宁海事局和大连海事大学又不失时机地组建了船舶驾驶专业海船船员适任考试培训用书编写委员会,选聘有丰富教学经验和航海实践经验的船长、教授和专家担任各书主编,精编严审,高质量地完成了“海船船员适任考试(驾驶)培训用书”的编写工作。编写中注意理论与实践相结合,具有较强的针对性、适用性和系统性。可以说,这套系列培训用书,是新形势下,在总结过去的基础上原培训教材的继续和发展,它一定会像从前一样受到广大海员的欢迎,成为良师益友。

我相信,该系列培训用书的出版,对海员适任考试、培训,提高我国海员整体素质,更好地履行国际公约,从而保证海上人命和财产的安全,一定会发挥重要作用。

大连海事大学校长



海船船员适任考试 (驾驶)培训用书编写委员会

主任委员:孙立成 王杰武

副主任委员:李新江 李 凯 袁林新 丁 勇 时培育 孙 广

委 员:(按姓氏笔画为序)

马家法	方文治	王凤武	王建平	孙文强	史洪源
李志华	刘宗德	刘英贤	关政军	李振华	刘德新
辛成玉	张吉平	何 欣	沈国华	陈家辉	张 蔚
郑忠义	赵月林	顾玉升	洪碧光	洪德本	夏国忠
徐德云	徐德兴	戴 冉			

前 言

为满足《1978年海员培训、发证和值班标准国际公约》1995年修正案(STCW78/95公约)和中华人民共和国海事局1998年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》的要求,辽宁海事局和大连海事大学共同组建了船舶驾驶专业海船船员适任考试培训用书编写委员会,选聘有丰富教学经验和航海实践经验的船长、教授和专家为各书的主编。编委会对各书的编写大纲进行了审定。

这套海船船员考试培训用书符合1998年《海船船员适任考试和评估大纲》的要求,具有较强的针对性和适用性,取材切题,简明扼要,理论联系实际,适用于海船船舶驾驶人员适任考试和培训,也可作为航海从业人员的业务参考书。

这套丛书共分十册:航海学、船舶值班与避碰、航海气象与海洋学、船舶操纵、海上货物运输、船舶结构与设备、船舶管理、船长业务、航海英语和水手业务。

本书的出版得到了海事局、各航运企业、大连海事大学出版社等单位的关心和支持,特致谢意。

海船船员适任考试(驾驶)培训用书编写委员会

编者的话

本书是根据中华人民共和国海事局 1998 年颁布的《海船船员适任考试和评估大纲》中的“航海学”考试大纲编写的。新的“航海学”考试大纲与原“航海学”考试大纲在内容上有很大的变动,它包括原航海学、天文航海和航海仪器等内容。

“航海学”主要阐述船舶在海上航行的航线选择与设计、正确使用各种方法和航海仪器来进行船舶定位与导航以及在各种情况下的航行方法等。它是航海人员确保船舶在海上安全、经济航行所必须熟练掌握的主要内容之一。“航海学”是一门实践性非常强的科目,特别是在提高船员素质的今天,实践性更不可忽视。因此,本书聘用具有丰富的教学经验和航海实践经验的教师作为编写人员,在编写过程中注重不同层次航海人员的需要,着眼于实际应用,力求避繁就简。

本书由丁勇主编,刘德新副主编。丁勇编写了第四章和第七章,刘德新编写了第一章、第三章和第九章(除第一节外),关政军编写了第二章,徐德兴编写了第五章,洪德本编写了第六章,张吉平编写了第八章和第九章第一节。

本书由东昉主审。全书由丁勇统稿。

欢迎广大读者使用本书,书中不妥之处,敬请批评指正。

编者

2000 年 4 月

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 地球形状与地理坐标	(1)
第二节 航向与方位	(4)
第三节 向位的测定与换算	(7)
第四节 能见地平距离和物标地理能见距离	(15)
第五节 航速与航程	(18)
第六节 航用海图投影方法	(23)
第七节 识图	(31)
第八节 海图的分类和使用注意事项	(39)
第九节 航标	(41)
第二章 罗经、测深仪与计程仪	(48)
第一节 船用磁罗经	(48)
第二节 陀螺罗经	(58)
第三节 船用测深仪	(79)
第四节 船用计程仪	(83)
第三章 航迹推算与陆标定位	(91)
第一节 航迹绘算	(91)
第二节 航迹计算	(100)
第三节 方位定位	(104)
第四节 距离定位	(107)
第五节 方位距离定位	(108)
第六节 移线定位	(109)
第七节 陆标识别和单一位置线的应用	(114)
第四章 天文定位与导航	(117)
第一节 概论	(117)
第二节 天球坐标系	(118)
第三节 天体视运动	(131)
第四节 时间与天体位置	(139)
第五节 求天体真高度	(162)
第六节 天文船位线	(172)
第七节 观测天体定位	(181)
第八节 观测天体求罗经差	(188)
第五章 雷达定位与导航	(194)
第一节 物标的雷达图像	(194)
第二节 雷达干扰和假回波	(198)
第三节 雷达测距和测方位	(203)

第四节	雷达定位选择物标的原则	(206)
第五节	雷达应答标和搜救雷达应答器	(208)
第六节	雷达定位方法	(209)
第七节	雷达导航	(210)
第六章	无线电导航仪器定位与导航	(213)
第一节	无线电测向系统的设置与工作原理	(213)
第二节	无线电测向仪	(215)
第三节	无线电测向精度	(217)
第四节	罗兰 C 系统的设置与工作原理	(220)
第五节	罗兰 C 接收机	(223)
第六节	罗兰 C 定位精度	(225)
第七节	GPS 卫星导航系统的设置与工作原理	(229)
第八节	GPS 卫星导航仪	(233)
第九节	GPS 卫星导航仪定位精度	(237)
第十节	差分 GPS 卫星导航系统	(240)
第七章	船位误差	(243)
第一节	船位误差理论基础	(243)
第二节	等精度直接观测平差	(247)
第三节	船位误差	(249)
第八章	航海图书资料	(266)
第一节	《世界大洋航路》与航路设计图	(266)
第二节	《航路指南》和《进港指南》	(268)
第三节	英版《无线电信号表》	(271)
第四节	中国沿海《航标表》及英版《灯标和雾号表》	(275)
第五节	航海图书目录	(278)
第六节	《航海通告》	(281)
第七节	海图与航海图书资料的改正	(285)
第八节	《船舶定线》	(288)
第九章	航线与航行方法	(292)
第一节	大洋航行	(292)
第二节	沿岸航行	(302)
第三节	狭水道航行	(305)
第四节	雾中航行	(316)
第五节	冰区航行	(319)
	英版航海天文历摘录	(323)
参考文献		(331)

第一章 基础知识

第一节 地球形状与地理坐标

一、地球形状

航海上船舶和物标的坐标、方向和距离等,都是建立在一定形状的地球表面的,要研究坐标、方向和距离等航海基本问题,必须首先对地球的形状和大小作一定的了解。

地球自然表面有高山、峡谷、平原、江河、湖泊和海洋等,是一个崎岖不平、非常复杂的不规则曲面。这种自然表面难以用数学公式加以描述,无法在此基础上研究航海的基本问题。然而,由于地球体积较大,这种局部的起伏与地球半径相对比是非常之小的。例如,我国的珠穆朗玛峰虽高达 8 848 m,但与 6 370 km 的地球半径相比,仅为地球半径的 1‰左右,它对整个地球形状的影响是微不足道的。因此,我们可以用占地球表面约 71% 的海水面的形状来描述地球形状。

设想一个与平均海面相吻合的水准面,并将其向陆地延伸,且保持该延伸面始终与当地的铅垂线相垂直,这样所形成的连续不断的、光滑的闭合水准面,叫做大地水准面。所谓地球形状,并不是指地球表面的自然形状,而是指由上述大地水准面所包围的几何体——大地球体的形状。

由于地球内部物质分布不均匀及地球表面起伏的影响,大地球体依然是不规则的几何体。航海上,不同场合,根据不同的精度要求,往往将大地球体看做不同的近似体。

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,通常将大地球体当做地球圆球体。

根据航海上常用的距离单位(海里/n mile)的定义,可推算地球圆球体半径 R :

$$\begin{aligned} R &= \frac{360^\circ \times 60'}{2\pi} = 3\,437.746\,8 \text{ n mile} \\ &= 6\,366\,707 \text{ m} \end{aligned}$$

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,常将大地球体当做两极略扁的地球椭圆体。地球椭圆体即旋转椭圆体(图 1-1)。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。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 。它们之间的关系是:

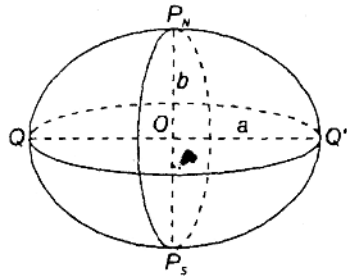


图 1-1-1

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

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

所以

$$e^2 = (1 - \frac{b}{a})(1 + \frac{b}{a}) = c(2 - c) \approx 2c$$

地球椭球体参数是根据大地测量中的弧度测量的结果计算出来的。由于不同国家所处地区不同,所采用的测量数据、数据质量及计算方法的不同,所得出的椭球体参数也略有差异。我国 1952 年采用白塞尔地球椭球体参数,1954 年改用原苏联克拉索夫斯基地球椭球体参数,现在准备逐步采用 IUGG 1975 年推荐的地球椭球体参数。

二、地理坐标

1. 地球上的基本点、线、圈

地理坐标是建立在地球椭球体表面上的。要建立地理坐标,首先应在地球椭球体表面上确定坐标的起算点和坐标线图网。如图 1-1-2 所示:

椭圆短轴即地球的自转轴——地轴 ($P_N P_S$);

地轴与地表面的两个交点是地极,在北半球的称为北极 (P_N),在南半球的称为南极 (P_S);

通过地球球心且与地轴垂直的平面称为赤道平面,赤道平面与地表面相交的截痕称为赤道 (QQ'),它将地球分为南、北两个半球;

任何一个与赤道面平行的平面称为纬度圈平面,它与地表面相交的截痕是个小圆,称为纬度圈 (AA');

通过地轴的任何一个平面是子午圈平面,它与地表面相交的截痕是个椭圆,称为子午圈 ($P_N Q P_S Q'$);

由北半球到南半球的半个子午圈,叫做子午线,又称经线 ($P_N Q P_S, P_N Q' P_S$);

通过英国伦敦格林尼治天文台子午仪的子午线,叫做格林子午线或格林经线 ($P_N G P_S$)。

2. 地理坐标

地球表面任何一点的位置,可以用地理坐标,即地理经度和地理纬度来表示。

地理经度简称经度,地面上某点的地理经度为格林经线与该点子午线在赤道上所夹的弧长,用 λ 或 Long 表示。某点地理经度的度量方法为:自格林子午线起算,向东或向西度量至该点子午线,由 $0^\circ \sim 180^\circ$ 计量,向东度量的称为东经,用 E 标示;向西度量的称为西经,用 W 标示。例如北京的经度为 $116^\circ 28' . 2 E$ 。

地理纬度简称纬度,地球椭球子午线上某点的法线与赤道面的夹角称为该点的地理纬度,用 φ 或 Lat 表示。某点地理纬度的度量方法为:自赤道起算,向北或向南度量至该点所在纬度圈,由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 计量,向北度量的称为北纬,用 N 标示;向南度量的为南纬,用 S 标示。例如北京的纬度为 $39^\circ 54' . 4 N$ 。

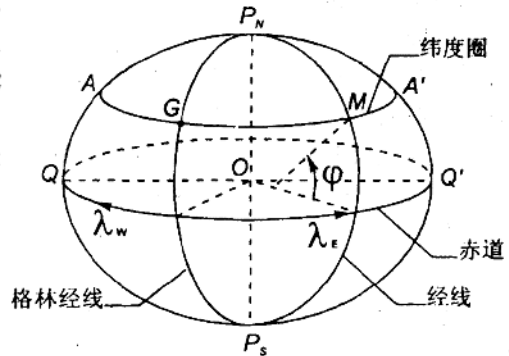


图 1-1-2

纬度圈上各点的纬度相等,经线上各点的经度也都相等。格林经线与赤道的交点为地理坐标的起算点,经线与纬度圈所构成的图网为坐标线图网。

3. 纬差与经差

纬差为两地纬度之代数差,用符号 $D\varphi$ 表示;经差为两地经度之代数差,用 $D\lambda$ 表示。

纬差和经差是有方向性的,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北,为北纬差;位于起算点以南,则为南纬差。同样,如到达点位于起算点以东,为东经差;位于起算点以西,则为西经差。其计算公式如下:

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

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

式中: φ_1, φ_2 —— 起始点纬度和到达点纬度;

λ_1, λ_2 —— 起始点经度和到达点经度。

计算中注意:

- (1) 北纬、东经取正值(+), 南纬、西经取负值(-);
- (2) 纬差、经差为正值, 分别表示北纬差和东经差, 负值表示南纬差和西经差;
- (3) 经差的绝对值不应大于 180° , 否则, 应由 360° 减去该绝对值, 并改变符号。

例 1-1-1: 某船由 $36^\circ 50' \text{ N}, 120^\circ 25' \text{ W}$ 航行至 $25^\circ 40' \text{ N}, 140^\circ 50' \text{ W}$ 处, 求两地间纬差和经差。

解:

φ_2	$25^\circ 40' \text{ N (+)}$	λ_2	$140^\circ 50' \text{ W (-)}$
-) φ_1	$36^\circ 50' \text{ N (+)}$	-) λ_1	$120^\circ 25' \text{ W (-)}$
$D\varphi$	$11^\circ 10' \text{ S (-)}$	$D\lambda$	$20^\circ 25' \text{ W (-)}$

例 1-1-2: 某船由 $23^\circ 25' \text{ N}, 106^\circ 14' \text{ W}$ 航行至 $08^\circ 16' \text{ S}, 100^\circ 08' \text{ E}$, 求两地间纬差和经差。

解:

φ_2	$08^\circ 16' \text{ S (-)}$	λ_2	$100^\circ 08' \text{ E (+)}$
-) φ_1	$23^\circ 25' \text{ N (+)}$	-) λ_1	$106^\circ 14' \text{ W (-)}$
$D\varphi$	$31^\circ 41' \text{ S (-)}$	$D\lambda$	$206^\circ 22' \text{ E (+)}$
			$360^\circ - 206^\circ 22' = 153^\circ 38' \text{ W}$

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, 以确定椭圆体中心的位置和坐标轴的方向, 即对地球椭圆体进行定位和定向, 确定它与大地球体的相对位置。前面所述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。

不同国家在建立大地坐标系、以确定地球椭圆体与大地球体的相互关系时, 为了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, 往往采用不同的坐标系。因此, 处于同一位置的船舶或同一位置的物标, 在不同的大地坐标系中的地理经、纬度可能不相同, 应注意不同坐标系之间的坐标转换。

第二节 航向与方位

一、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,叫做测者地面真地平平面,包含测者铅垂线,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 1-2-1 所示: $A'O$ 为测者 A 的铅垂线,测者地面真地平平面 $WSEN$ 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 的一方为测者的正南方向。测者地面真地平平面与测者卯酉圈平面的交线 WE ,叫做测者的东西线。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。

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。

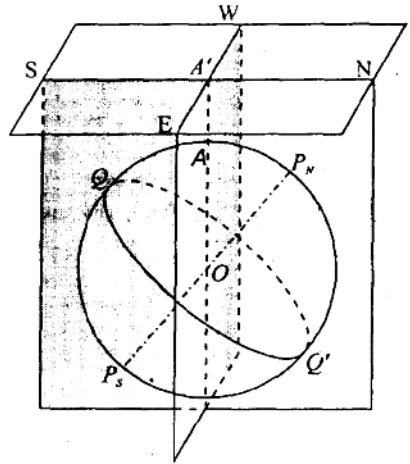


图 1-2-1

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° ,按顺时针方向计量到正东为 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

以正北或正南为方向基准,分别向东或向西计量到正南或正东,计量范围 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。用半圆法表示某方向时,除度数外,还应标明起算点和计量方向,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,常用半圆法来表示天体的方位。

(3) 罗经点法

如图 1-2-2 所示:罗经点法以北、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,即东北(NE)、东南(SE)、西南(SW)和西北(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,偏点的名称由基点名称或隅点名称之后加上偏向的方向来组成,例如:北偏东(N/E)、东北偏北(NE/N)、东偏北(E/N)等。



图 1-2-2

这样,四个基点、四个隅点、八个三字点和16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:

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

过去,罗经点法曾在航海各领域得到过广泛的运用,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是:

- 在北东(NE)半圆: 圆周度数 = 半圆度数
- 在南东(SE)半圆: 圆周度数 = $180^\circ - \text{半圆度数}$
- 在南西(SW)半圆: 圆周度数 = $180^\circ + \text{半圆度数}$
- 在北西(NW)半圆: 圆周度数 = $360^\circ + \text{半圆度数}$

例 1-2-1: 将半圆法方向 35° NE , 145° SE , 45° SW , 135° NW 换算为圆周法方向。

解:

半圆法方向	圆周法方向
35° NE	035°
145° SE	$180^\circ - 145^\circ = 035^\circ$
45° SW	$180^\circ + 45^\circ = 225^\circ$
135° NW	$360^\circ - 135^\circ = 225^\circ$

(2) 罗经点法换算成圆周法的法则是:

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, 还可依据下列原则来换算:

八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加上 $\pm 11^\circ.25$, 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-。

例 1-2-2: 将罗经点 SSE、SSW、NW/W、NW/N 换算为圆周法方向。

解:

$$\text{SSE} = \frac{1}{2}(\text{S} + \text{SE}) = \frac{1}{2}(180^\circ + 135^\circ) = 157^\circ.5$$

$$\text{SSW} = \frac{1}{2}(\text{S} + \text{SW}) = \frac{1}{2}(180^\circ + 225^\circ) = 202^\circ.5$$

$$\text{NW/W} = 315^\circ - 11^\circ.25 = 303^\circ.75$$

$$\text{NW/N} = 315^\circ + 11^\circ.25 = 326^\circ.25$$

二、航向、方位和舷角

航海上经常涉及到的方向有两种: 船舶航行的方向(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(见图 1-2-3):

航向线: 当船舶无横倾时, 船舶首尾面(通过船舶铅垂线的纵剖面)与测者地面真地平平面所相交的直线, 叫做船首尾线。首尾线向船首方向的延伸线, 叫做航向线, 代号 CL 。

真航向: 船舶航行时, 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, 称为船舶的真航向, 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 $A'M'$, 称为物标的方位线, 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, 称为船舶的真方位, 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 ; 或以船首向为基准, 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 $Q_{左}$, 向右计量为右舷角 $Q_{右}$ 。

当舷角 $Q = 090^\circ$ 或 $Q_{右} = 90^\circ$ 时, 叫做物标的右正横; 当 $Q = 270^\circ$ 或 $Q_{左} = 90^\circ$ 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。物标的舷角是以船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如下:

$$TB = TC + Q \quad \text{或} \quad TB = TC + Q \begin{cases} Q_{右} \text{ 为 } (+) \\ Q_{左} \text{ 为 } (-) \end{cases}$$

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° 。

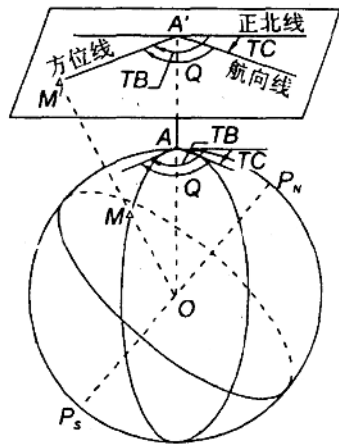


图 1-2-3

例 1-2-3: 某船真航向 215° , 测得两物标舷角分别为 $Q_A = 030^\circ$ 、 $Q_B = 160^\circ$, 求 A、B 两物标的真方位。

解:

$$TB_A = TC + Q_A = 215^\circ + 030^\circ = 245^\circ$$

$$TB_B = TC + Q_B = 215^\circ + 160^\circ = 375^\circ \text{ 即 } 015^\circ$$

例 1-2-4: 某船真航向 030° , 求物标左正横时的真方位。

解:

$$TB_{左} = TC + Q = 030^\circ + 270^\circ = 300^\circ$$

$$\text{或 } TB_{左} = TC + Q_{左} = 030^\circ + (-90^\circ) = -60^\circ \text{ 即 } 300^\circ$$

第三节 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,海船上配备的罗经有陀螺罗经(俗称电罗经)和磁罗经两大类。本节重点介绍用陀螺罗经和磁罗经测定向位的有关概念和向位换算等基础知识。

一、陀螺罗经

陀螺罗经是根据高速旋转的陀螺仪,在受到适当的阻尼力作用后,能迫使其旋转轴保持在其子午圈平面内的原理而制成的。陀螺罗经是一种不受地磁场和电磁场影响的、具有较大指北力的电动机械仪器,它能带动若干个分罗经,分别安装在驾驶台、驾驶台两翼、海图室和船长房间等,还能为雷达、自动舵和航向记录仪等提供指北信息。

陀螺罗经刻度盘 0° 所指示的方向称为陀螺罗经北,简称陀罗北,用 N_G 表示。陀罗北线和船舶航向线之间的夹角,称为陀罗航向,代号 G_C 。陀罗北线和物标方位线之间的夹角,叫做陀罗方位,代号 G_B (图 1-3-1)。陀罗航向和陀罗方位均以陀罗北线为基准,按顺时针方向计量至航向线或物标方位线,计量范围 $000^\circ \sim 360^\circ$ 。

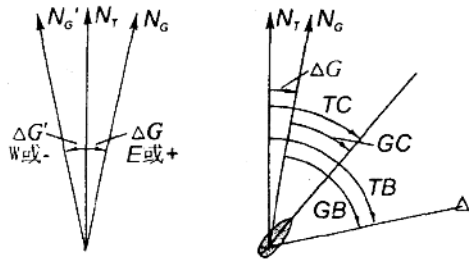


图 1-3-1

理论上陀螺罗经的旋转轴应该稳定在真子午线平面内,即陀罗北应与真北(测者的正北方向, N_T)相一致,但像任何其他测量仪器一样,都可能存在一定的误差。陀罗北偏离真北角度称为陀螺罗经差,简称陀罗差,用 ΔG 表示。陀罗北偏在真北的东面,陀罗向位小于真向位, ΔG 为偏东或偏低,用 E 或 (+) 表示;陀罗北偏在真北的西面,陀罗向位大于真向位, ΔG 为偏西或偏高,用 W 或 (-) 表示。

陀罗差 ΔG 主要随航速和船舶所处纬度的变化而变化,与航向等无关。真向位、陀罗向位和陀罗差之间的关系如下:

$$\begin{cases} TC = GC + \Delta G & \left\{ \begin{array}{l} \Delta G \text{ 偏东为 (+)} \\ \Delta G \text{ 偏西为 (-)} \end{array} \right. \\ TB = GB + \Delta G \end{cases}$$

例 1-3-1: 某船陀罗航向 $GC = 314^\circ$, 测得某物标陀罗方位 $GB = 075^\circ$, 陀罗差 $= 1^\circ W$, 求该船真航向和该物标的真方位。

解:

$$TC = GC + \Delta G = 314^\circ + (-1^\circ) = 313^\circ$$

$$TB = GB + \Delta G = 075^\circ + (-1^\circ) = 074^\circ$$

例 1-3-2:某船真航向 $TC = 120^\circ$,某物标真方位 $TB = 180^\circ$,陀罗差 $= 1^\circ E$,求该船陀罗航向和该物标的陀罗方位。

解:

$$GC = TC - \Delta G = 120^\circ - (+1^\circ) = 119^\circ$$

$$GB = TB - \Delta G = 180^\circ - (+1^\circ) = 179^\circ$$

二、磁罗经

磁罗经是我国古代四大发明之一——指南针演变发展而来的。它是根据在水平面内自由旋转的磁针受到地磁磁力的作用后,能稳定指示地磁磁北方向的特性而制成的。

1. 磁差与磁方位

(1) 地磁与磁差

如图 1-3-2(a)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。

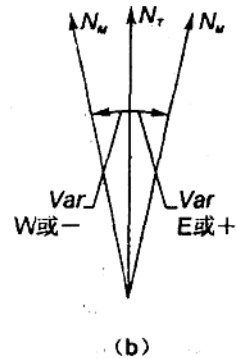
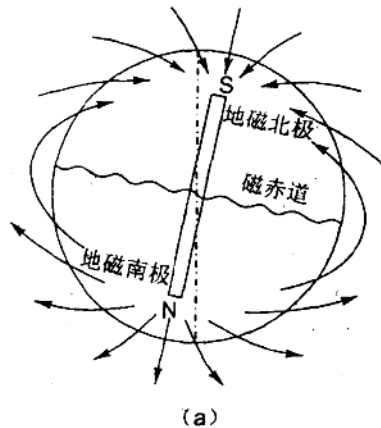


图 1-3-2

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 1-3-2(b)所示:如磁北偏在真北的东面,称磁差偏东,用 E 或 $+$ 表示;磁差偏在真北西面,则称磁差偏西,用 W 或 $-$ 表示。

(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,船舶在磁极地区(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