

国家水产总局干部培训班
上海水产学院班用

航海技术

吕美华 编

一九八一年三月

目 录

绪 言	1
第一章 航海基本知识	1
第一节 地理位置的确定	1
第二节 航向和方位	4
第三节 距离、航速、航程	12
第四节 时间	13
第二章 航行计划的拟定与实施	16
第一节 海图及航海图书资料	16
第二节 拟定航行计划	19
第三节 航迹绘算	21
第四节 各种情况下的航行	27
第三章 各种定位方法	38
第一节 船位线和船位	38
第二节 方位定位	40
第三节 距离定位	45
第四节 综合定位	47
第四章 船舶操纵	51
第一节 车舵效应	51
第二节 锚泊与靠离码头	55
第三节 靠离他船	57
第四节 拖带	57
第五章 航行安全保证	59
第一节 海上避碰	59
第二节 船舶搁浅	65
第三节 消防和抗沉	67
第四节 海难与救助	69
第五节 航行安全的根本保证	71

绪 言

我国是一个有着漫长海岸线的国家，海岸线长达一万八千公里。我国又是世界上航海事业发展最早的国家之一，我们的祖先在航海事业上曾作出过许多伟大的贡献。早在公元前2000年，就发现了磁的吸铁和指极的特性，以后逐步发展为陆上和海上用的指南针（罗经）。在春秋时期（公元前770—476年），造船业得到很大的发展，航海科学也随之迅速发展起来。“左传”记载：“哀公十年吴国命徐承帅舟师将自海入齐”，即从今江苏经过长达400里的黄海海域到山东去进攻齐国。可见当时航海事业的发展成就。晋代（公元265—420年）法显曾远渡印度、锡兰等地，在航行中“不识东西唯望日月星宿而进”，已开始运用天文航海的方法了。到了唐代（公元618—907年），造船业和航海技术都达到了很高的水平，海上贸易远达阿拉伯等地。宋代朱或（1119）所著“萍洲可谈”中均有叙述。

到了明代的1405—1433年间，航海家郑和曾组织过七次下西洋的远航最远达到了非洲的东海岸。据“明史”记载，郑和“造大船，修（长）四十四丈，广（宽）十八丈者六十二”，是当时世界上最大的船舶。每艘船上可容五百多船员，全体将士二万七千八百人。是世界上第一次规模最大的远洋航行。由此可见，我国航海事业的发展远早于欧美各国。

可是，自明、清以来，由于长期封建制度的禁锢，而欧美各国已由资本主义发展到帝国主义阶段。帝国主义的侵略和当时中国政府的腐朽无能，使中国逐步沦为半封建半殖民地国家，航海事业得不到发展，与其他先进国家相比越来越落后了。

解放后，我国的航海事业在党的领导下得到了较快的发展。现在已能自己建造各种新式船舶和各种航海仪器，出版自己的海图和航海参考资料，培养了大批航海和造船的人材。但是，与世界先进的国家相比还有很大差距。这就需要我们努力学习现代化建设所需

的一切知识，迅速改变落后面貌，把我国建设成为具有先进科学水平的社会主义国家。

航海学是一门综合性的学科，它运用海洋学、气象学、天文学、地理学、数学等学科的有关知识以及现代的最新技术，如电子技术、计算技术等。航海学是一门实践很强的应用科学。航海科学的发展与海上交通、贸易和海洋捕捞事业的发展是相互促进的。

我国的海洋捕捞事业在解放后得到了很大的发展，国营企业的渔轮和群众渔业的渔船的广大驾驶工作人员在海上从事艰辛的捕捞活动为国家创造财富，为社会主义建设作出了贡献。但是，我们还必须看到，由于我们航海技术水平不高，管理制度不严，加之有时指挥失当，因而航行事故还经常发生，造成不应有的人员伤亡和经济损失。随着水产事业的发展，海洋捕捞将逐渐由近海推向外海、远洋，装备也将逐步更新。这就对我渔轮驾驶人员和各级领导干部在航海技术上和管理艺术上提出了更高的要求。

航海驾驶技术的基本任务是：正确地驾驶船舶，使它能够准确、安全、经济的从一个地点（港口），到达另一个地点（港口、渔场）去完成预定的航行和生产任务。

完成上述基本任务对渔轮驾驶人员的要求是：高度的政治责任感；认真细致的工作作风和熟练的航海技术。

本课程主要从管理和指导工作的需要上阐述地文航海中的有关问题。

第一章 航海基本知识

第一节 地理位置的确定

船舶在海上必须随时掌握自己的船位，也就是它的地理位置。

一、地球的形体

地球的形状实际上是一个不规则的椭圆柱体，它的两极略扁，近似于一个旋转椭圆柱体。它的形状和大小可用椭圆柱的长半径和短半径以及扁率来表示。

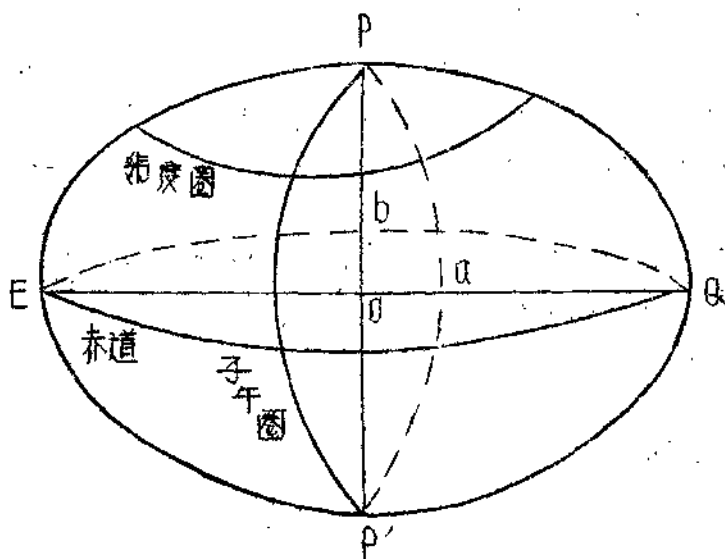


图 1—1

长半径 $a = 6378.245$ 米

短半径 $b = 6356.863$ 米

$$\text{扁率 } c = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.3}$$

在航海上为了计算的方便，在实际运用中是把地球当作一个圆球体，它的半径约为 6371 公里，一般说来是可以满足航海工作中的精度要求的。

二、地理座标

为了确定地球上任意点的位置，首先要在地球上建立座标系统。地理座标是由座标轴与座标网构成的。

座标轴由纵轴和横轴构成。

纵轴——基准子午线，亦称基准经度线，它是通过地球南北极和英国格林威治天文台的大圆。它将地球分为东、西两个半球。这个大圆的午半圆，即通过格林威治天文台至两极的半圆的经度为 0° ，大圆的子半圆的经度为 180° 。以午半圆为基准，以东为东经，以西

为西经，分别用 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 计算。

横轴——赤道线，它是与基准子午线垂直的大圆，这个大圆的圆面通过地心与地轴垂直，它将地球分为南北两个半球。在赤道线上纬度为 0° ，赤道线以北为北纬，以南为南纬。分别用 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 计算。

坐标网是由无数的经度线和纬度线构成。这样，地球上任何地点或船舶在海上任何时刻的位置都可以用相应的经度和纬度来表示。如上海的地理位置表示为：

$$\varphi = 31^{\circ} 15' \text{ N}$$

$\lambda = 121^{\circ} 30' E$

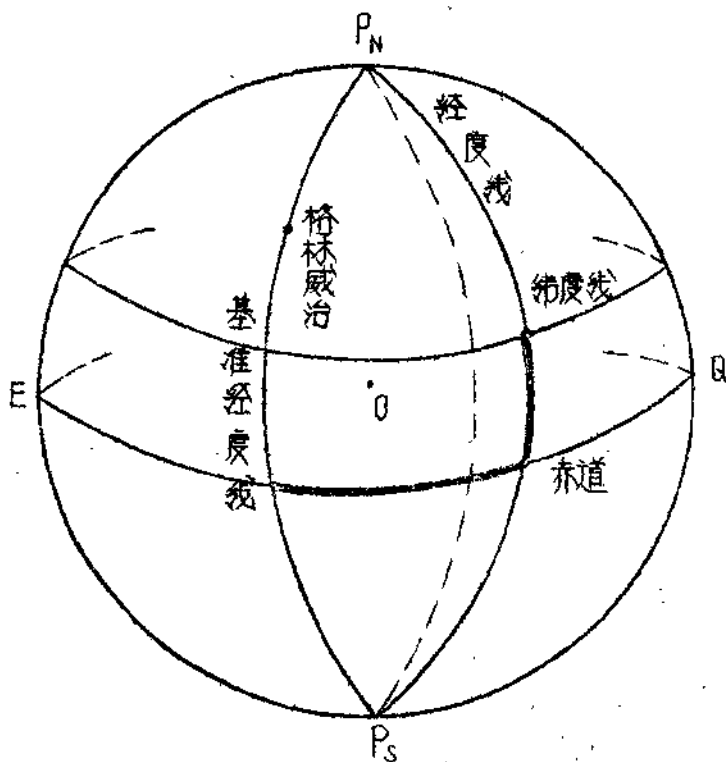


图 1-2

第二节 航向和方位

海上航行首先需要确定方向。船舶的航行方向称为航向，船舶

观测目标的方向称为方位。

一、测定方向的仪器——罗经

1、磁罗经

(一)、指向原理：

在远古的时代，我们祖先就发现了一种具有吸铁性质的矿石，这就是天然磁铁，这种吸铁的性质称为磁性。现在我们一般使用的磁铁是用合金做成的，称为人造磁铁。

如果把一个条形磁铁悬挂起来，它就会自由地旋转，当它最终停下来时，总会停在一个固定的方向上，一端指北，一端指南。这是因为地球本身是一个大磁体，地球周围的空同就是地球磁场，这个磁场有两个磁极即地磁北极和地磁南极。磁针指北的现象就是受地磁场作用的结果，这就是指南针的基本原理。

(二)、磁差、自差和罗经差

地球的磁北极和磁南极并不是地理上的南北极，根据1975年的资料，地球的磁极位于：

地磁北极 $\varphi = 76^{\circ} \text{ N}$, $\lambda = 101^{\circ} \text{ W}$

地磁南极 $\varphi = 65^{\circ} \text{ S}$ $\lambda = 139^{\circ} \text{ E}$

磁北与真北之间有一个差角，称为磁差。磁差随着时间、地点的变化而变化，因此，它不是一个固定值。

然而，磁罗经所指的还不是磁北。这是因为磁罗经受到船舶本身的硬铁和软铁的影响。我们把磁罗经所指的北称为罗北。罗北与磁北之间也有一个差角，称为自差。自差随着船首方向的变化而变化，因此，它也不是一个固定值。

在船舶上我们所见到的磁罗经所指的方向就是罗北，它与真北之间有一个差角，称为罗经差。罗经差是磁差与自差的总和。

罗经差 $(\Delta c) = \text{磁差} (\text{Var}) + \text{自差} (\text{Dev})$

以真北线为基准，当磁北线偏于真北线以东时，叫磁差偏东，以符号“E”或“+”表示；磁差偏西以符号“W”或“-”表示。以磁北线为基准，当罗北线偏于磁北线以东时，叫自差偏东，以符号“E”或“+”表示；自差偏西以符号“W”或“-”表示。同

程，罗经差也有偏东和偏西并分别以符号“E”或“+”和“W”或“-”来表示。

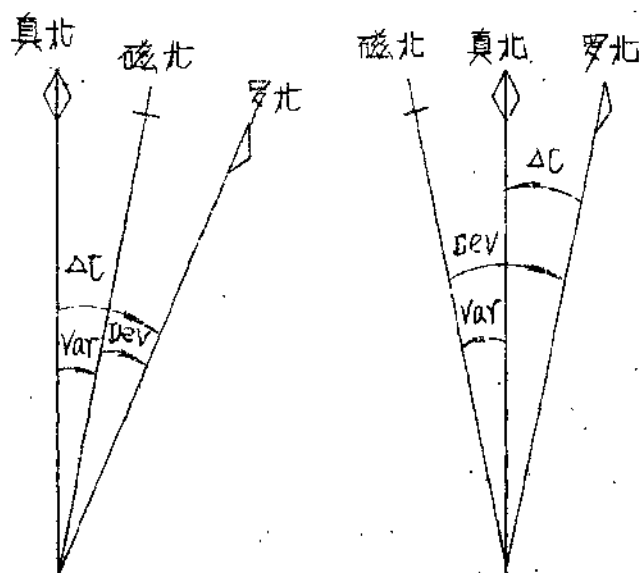


图 1—3

磁差在每张海图的不同区域都有标注。自差则因船而异，因此每一艘船舶在正式启航前，即船舶出厂，大修或改装后，都必须进行自差消除工作。并在消除后测定剩余自差并制成自差表，以便航行中使用。如某渔轮罗经自差表：

自 差 表

罗 航 向 CC	自 差 Dev	罗 航 向 CC	自 差 Dev
0°	+1.5	180°	-2.1
10°	+1.6	190°	-2.6
20°	+1.8	200°	-3.3
30°	+1.9	210°	-3.5
40°	+2.0	220°	-3.6
50°	+2.1	230°	-3.4
60°	+2.2	240°	-3.2
70°	+2.3	250°	-2.7
80°	+2.4	260°	-2.0
90°	+2.5	270°	-1.3
100°	+2.4	280°	-0.5
110°	+2.3	290°	+0.1
120°	+1.9	300°	+0.6
130°	+1.4	310°	+1.0
140°	+1.7	320°	+1.2
150°	+0.1	330°	+1.5
160°	+0.5	340°	+1.6
170°	+1.5	350°	+1.5

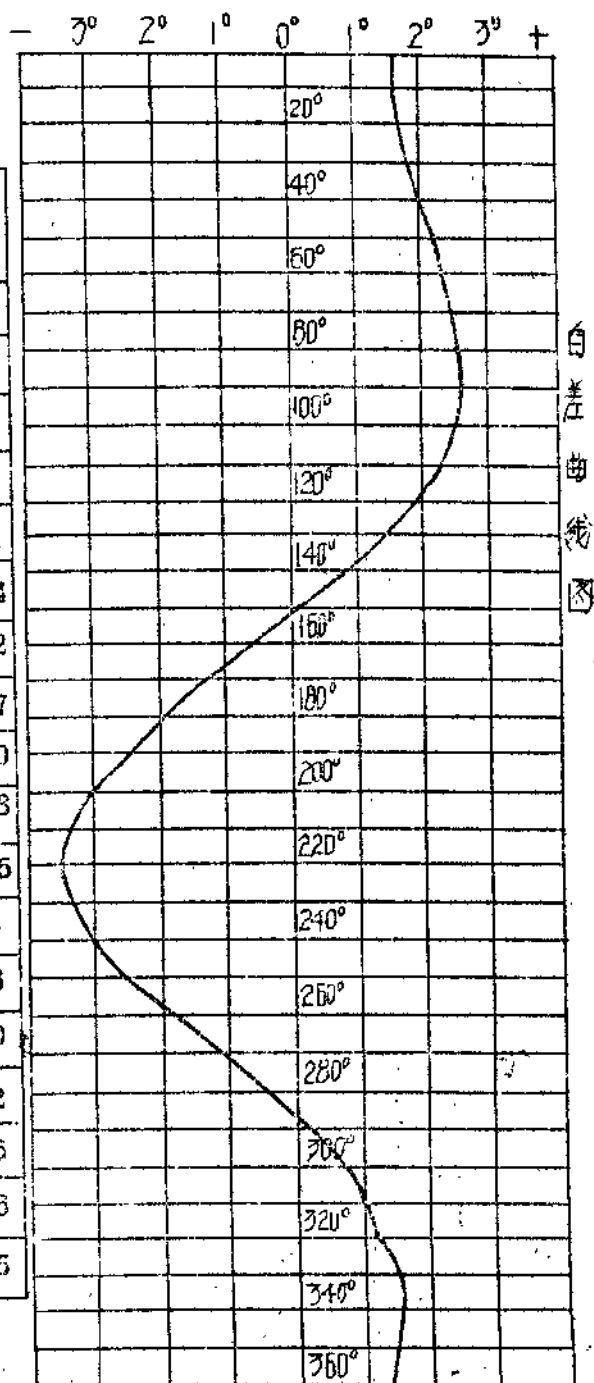


图 1-4

2、电罗经

(一)、基本指北原理

电罗经也叫回转仪罗经或陀罗罗经，它的主要组成部件是回转仪或陀罗仪。陀罗仪由转子和支承转子的内环与外环构成，转子的旋转轴称主轴。主轴可以绕水平轴 OY 和垂直轴 OZ 自由转动，称为自由陀罗仪。

当自由陀罗仪高速旋转时，其主轴具有稳定的指向性。人们利用这种指向性并加以一定的外力矩就可以使主轴固定地指向真北。

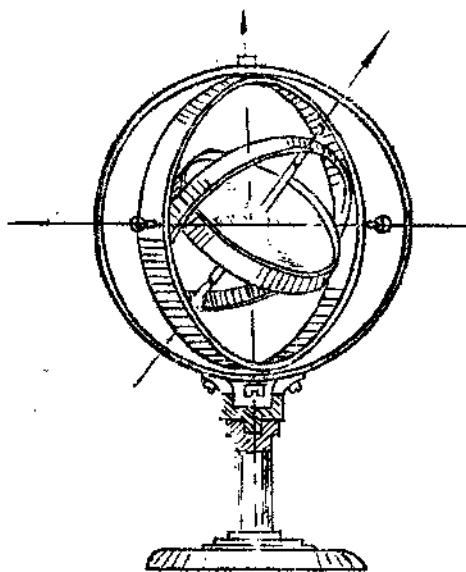


图 1-5

(二)、电罗经的误差

电罗经虽然不受磁力影响，但也存在着各种误差，如速度误差、惯性误差、摇摆误差、仪器误差等等。这些误差大都可以进行校正。经过校正后的剩余误差一般是一个固定值，并且不大于 0.5° 。

3、电罗经与磁罗经优缺点比较

电罗经较之磁罗经有下列优点：

(一)、指向力强而稳定，不受磁力影响指向真北；

(二)、电罗经差是固定的，在计算上比利用磁罗经方便得多；

(三)、电罗经可以安装在船舶的最不易受到损害的地方并且可以带动若干分罗经，这些分罗经可以根据需要安装在船上的任何地方；

(四)、电罗经可以和船舶上的各种自动化装置如自动舵、自动绘图仪等相联系进行自动操纵。

电罗经较之磁罗经有下列缺点：

(一)、仪器构造复杂精度要求高，因此，维护保养要求经常、细致，对操作人员的技术水平要求也高；

(二)、必须有稳定的电源，并且必须在使用前数小时启动。

综上所述，电罗经目前虽被广泛使用，但是，由于磁罗经具有不可替代的优点，因此，仍然是船舶指向的基本仪器。在我国的大多数渔轮上目前仍以它为主要指向仪器。

二、真航向和罗航向的换算

真航向：船舶的航向线与真北线（测者子午线）之间的夹角。其计算方法是圆周法，即顺时针从 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 。

罗航向：船舶的航向线与罗北线之间的夹角。

船舶在航行时必须沿着真航向运动才能到达目的地。但是，船上使用的磁罗经只能指示罗航向。这就要求进行真航向和罗航向的换算。它们之间的换算公式是：

$$\begin{aligned}\text{真航向 (TC)} &= \text{罗航向 (CC)} + \text{罗经差} (\Delta C) \\ &= \text{罗航向 (CC)} + \text{磁差 (Var)} + \text{自差 (Dev)} \\ \text{罗航向 (CC)} &= \text{真航向 (TC)} - \text{罗经差} (\Delta C) \\ &= \text{真航向 (TC)} - (\text{磁差} + \text{自差})\end{aligned}$$

例一：

渔轮罗航向 160° ，当地磁差 $3^{\circ}2'E(+3^{\circ}2')$ ，自差 $3^{\circ}0'E(+3^{\circ}0')$ ，求渔轮的真航向？

解：

$$\begin{array}{r} CC \quad 160^{\circ} \\ \quad \quad \quad Dev + 3^{\circ}0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{磁航向 } 163^{\circ}0 \\ \quad \quad \quad Var + \quad 3^{\circ}2 \\ \hline TC \quad 166^{\circ}2 \end{array}$$

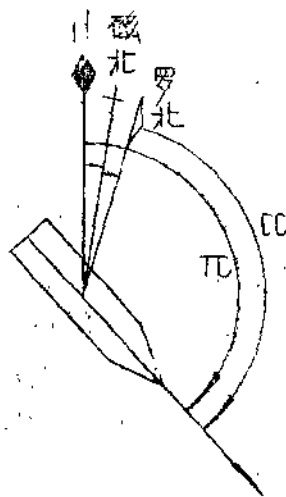


图 1-6

有时需要求出按预定真航向线航行时应采取的罗航向。

例二：

渔轮预定航向线 100° ，当地磁差 $3^\circ 5' W (-3^\circ 5')$ ，自差 $2^\circ 0' E (+2^\circ 0')$ ，

求渔轮应驶的罗航向？

$$\begin{array}{rcl} \text{解：} & TC & 100^\circ \\ & - Var & - 3^\circ 5' \end{array}$$

磁航向 $103^\circ 5'$

$$\begin{array}{rcl} & - Dev & + 2^\circ 0' \end{array}$$

CC $101^\circ 5'$

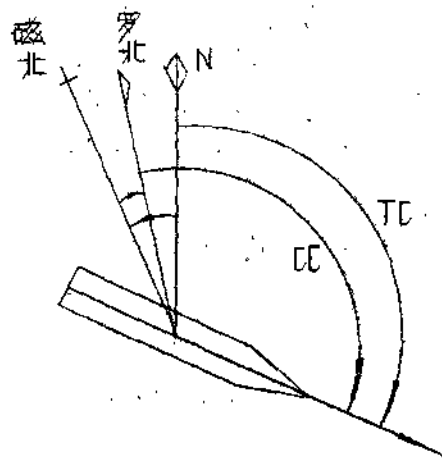


图 1-7

三、真方位和罗方位的换算

真方位：真北线（测者子午线）与目标方位线之间的夹角。

罗方位：罗北线与目标方位线之间的夹角。

计算方法均按顺时针 $0^\circ \sim 360^\circ$ 计算。

真方位与罗方位的换算方法与航向的换算是一致的，其公式为：

$$\text{真方位 (TB)} = \text{罗方位 (CB)} + \text{罗经差} (\Delta C)$$

例一：

渔船在航行中测得目标 A 罗方位 046° ，罗经自差 $+2^\circ 5'$ ，当地磁差 $-3^\circ 5'$ ，求目标 A 的真方位？（图 1—8）

解：

$$\text{罗经差} (\Delta C) = -3^\circ 5' + 2^\circ 5' = -1^\circ 0'$$

$$\text{罗方位 (CB)} 046^\circ$$

$$+) \text{ 罗 差 } (\Delta C) -1^\circ 0'$$

$$\text{真方位 (TB)} 045^\circ$$

此外，在船舶上还经常使用相对方位即舷角。舷角是船首线与目标方位线之间的夹角。采用半圆计算法，以船首方向为 0° ，向右为右舷，向左为左舷，各从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 。（图 1—9）

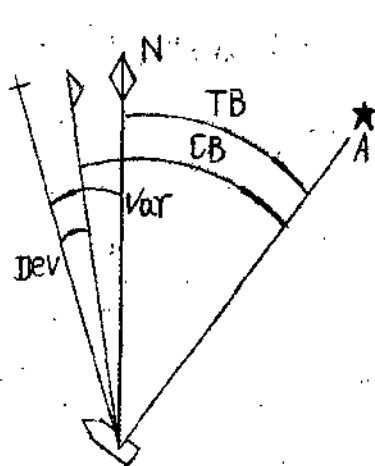


图 1—8

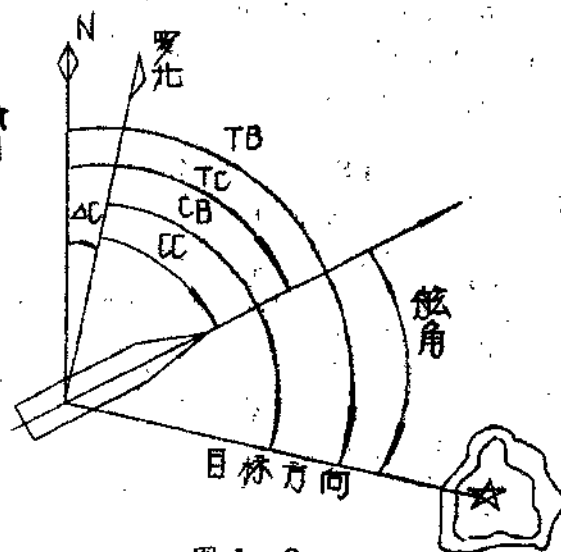


图 1—9

第三节 距离、航速、航程

一、距离的计算

航海上一般量取距离使用长度单位涅，涅等于子午线上纬度一分的弧长。十分之一涅叫1链。

$$1 \text{ 涅} = 1852.3 \text{ 米或 } 6080 \text{ 呎}$$

二、航速的计算

航海上计算航速的单位为涅/时，简称节。例如，某渔轮每小时在水中前进10涅，其航速即为10节。

通常在船舶设计时，根据船舶执行任务要求的航速设计安装相应推进马力的机器。在建造竣工后，还需要进行实际测速。某一型号的船舶，它们的航速性能虽然是一致的，但由于各种原因如建造上的微小差异，船体保养上的不同也可能有差异。就是同一船舶也可能由于改装、大修或船体附着物的增加和减少而改变其航速性能。

一般渔轮的航速有慢速、常速和全速几档。慢速一般在离靠码头、两船接近操作时或航经复杂水域时使用。常速为经济航速，即耗油量最经济的航速，一般在正常航行时使用。全速则在需要时使用。此外，在紧急情况下还可用最高速前进，这是接近机器负荷的极限速度，因此，不能经常使用，使用时间也只能是短暂的。

三、航程的计算

船舶在地理上运动的距离叫航程，航海上计算航程的单位为涅。计算航程的方法可利用航速、时间和航程的关系式求得：

$$\text{航程}(S) = \text{航速}(V) \times \text{时间}(T)$$

在船舶上大多用计程仪来记录航程。计程仪有多种，如转轮式计程仪，水压式计程仪，电磁计程仪等。目前我国渔轮上主要是使用拖曳式计程仪。任何一种计程仪都必然存在误差，这就需要进行误差修正才能得出船舶的航程。

必须注意的是，无论用计算的方法或使用航程记录仪器，都不能消除风和流对船舶的航向和航速的影响，因而都难以准确地求得

船舶的实际航程。实际航程只有通过实际观测目标确定准确的船位后才能求得。

第四节 时间

辩证唯物主义告诉我们，世界是物质的，任何物质都处在运动状态，而物质的运动总是在时间和空间中进行，时间和空间都是无限的。人们的日常生活都与时间相联系，远古以来人们就已采用太阳为基准来度量时间。这是因为太阳的周日视运动（实际上是地球的自转）和周年视运动（实际上是地球的公转）产生了昼夜现象和季节现象，直接关系到人们的生活。

太阳绕地球视运动一周的时间，称为一个太阳日。太阳经过一个地方的子午线的子半圆时，俗称半夜，即当地一天的开始。太阳经过午半圆时，俗称太阳当顶，即正午。

但是，太阳绕地球的视运动是不规则的。在实际生活中，人们是用平均太阳日来计算时间的。一平均太阳日等分为24小时，一小时等分为60分钟，一分钟等分为60秒。

在航海上对时间的精确度要求是很高的，特别是在进行天文观测和无线电导航时，如果时间上有一秒钟的误差，就可能造成若干哩的船位误差。为此要求航海工作的领导者和实际工作者应有明确的时间概念和准确的时间计算。

下面介绍航海上经常使用的几种时间

一、地方时

以测者子午线为基准。即以太阳通过测者子半圆时为 $00^h00^m00^s$ ，太阳通过测者午半圆时为 $12^h00^m00^s$ 。

在天文航海工作中常常需要用地方时进行换算。

二、格林时

以格林威治天文台的子午线为基准。即以太阳通过其子半圆时为 $00^h00^m00^s$ ，太阳通过其午半圆时为 $12^h00^m00^s$ 。格林时也就是格林威治的地方时。

格林时也是航海上经常使用的，许多天文航海表为了世界范围的使用方便，都是以格林时为标准计算的，在船舶上记指示林时的

仪器是天文钟。

三、时区时

实际上，人们如果使用地方时，则不同的经度就有不同的时间基准，这在社会生活中是不可想象的。而人们如果都用格林时，这也不符合人们的生活习惯。为了便于社会生活中的各种联系，我们在日常生活中使用的是时区时。

时区的划分是以格林威治午半圆为基准中线，向东（西）每隔 15° 经度线（ 15° 、 30° 、 45° 、 60° ……）依次作为各个时区的中线。中线以东和以西各 7.5° 经度共 15° 范围划为一个时区。每一时区都使用该时区中线的地方时。如我国使用的北京时，是东经 120° 的地方时，即东 8 时区时。东 8 时区与 0 时区的时间相差 8 小时。

在计算上时区时与格林时的关系式为：

$$\text{格林时} = \text{时区时} \quad \text{格林时} = \text{时区时} \begin{array}{l} - \text{东时区号} \\ + \text{西时区号} \end{array}$$

例：（一）北京时 1400，求格林时？

$$\begin{array}{r} \text{北京时区时} \quad 1400 \\ - \text{时区号} \quad 8 \\ \hline \end{array}$$

$$\text{格林时} \quad 0600$$

（二）格林时 0900，求西 5 时区时？

$$\begin{array}{r} \text{格林时} \quad 0900 \\ - \text{时区号} \quad 5 \\ \hline \end{array}$$

$$\text{西 5 时区时} \quad 0400$$

我国领土跨五个时区（东 5 区—东 9 区），但为了社会生活的方便，全国统一使用东 8 时区时（北京时）。

在航行中从一个时区进入另一个时区，必须使用新时区的时区时。方法是将时钟拨快或拨慢一小时。其公式为：

向东航行——拨快

向西航行——拨慢

我国渔轮在沿海航行时，使用的是东 8 时区时。随着我国水产事业的发展，渔轮的活动范围将逐渐扩大到远海，这就要求我们对时区时的换算非常熟悉。

在船舶上指示时区时的仪器是船钟。

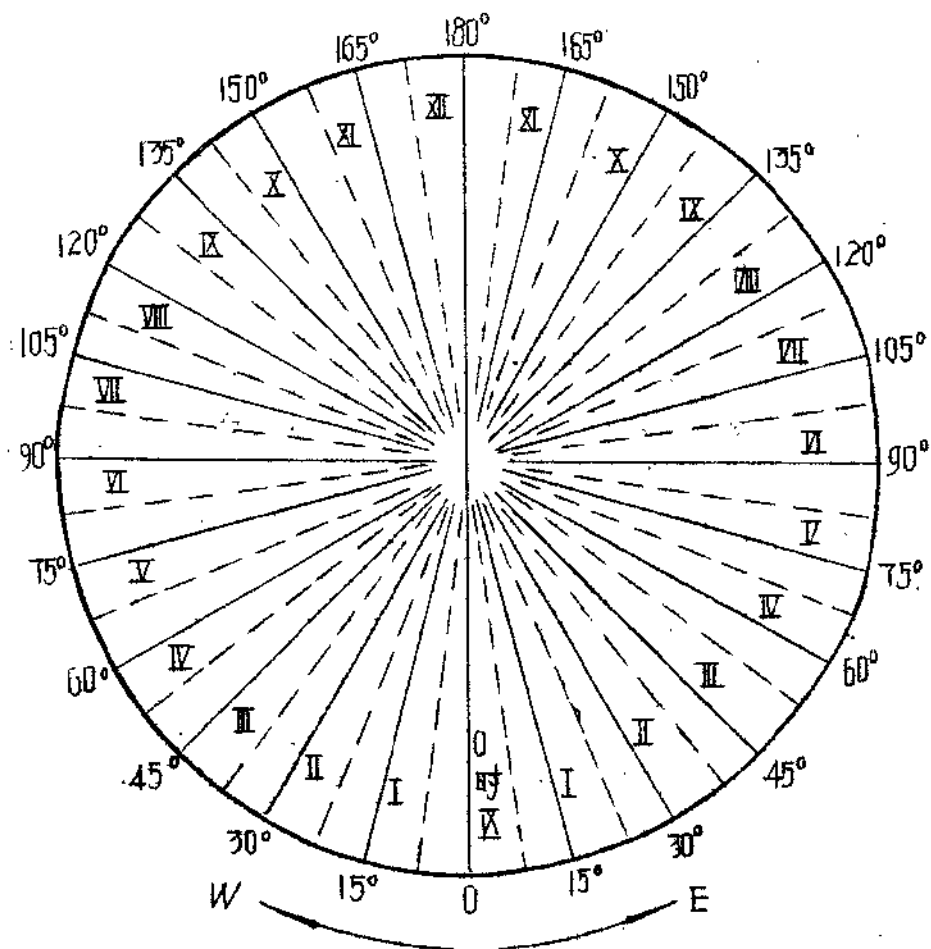


图 1-10