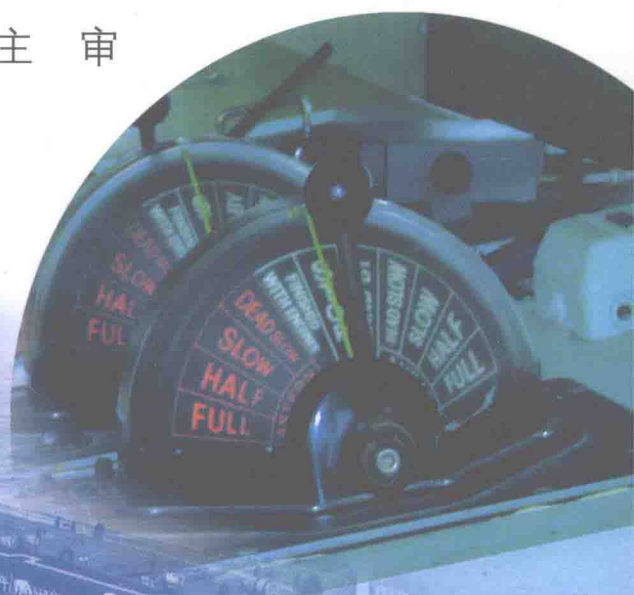


# 航海仪器操作与维护

任松涛 主 编

徐雪忠 副主编

郑道昌 主 审



大连海事大学出版社

# 航海仪器操作与维护

任松涛 主 编  
徐雪忠 副主编  
郑道昌 主 审

大连海事大学出版社

© 任松涛 2014

图书在版编目(CIP)数据

航海仪器操作与维护 / 任松涛主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2014. 3  
ISBN 978-7-5632-2982-6

I. ①航… II. ①任… III. ①航海仪器—操作—教材 ②航海仪器—维护—教材  
IV. ①U666. 15

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 041010 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

2014年3月第1版

2014年3月第1次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm

印张:26.75

字数:663千

印数:1~1200册

出版人:徐华东

责任编辑:姜建军 张 华

责任校对:杨玮璐 孙雅荻

封面设计:王 艳

版式设计:解瑶瑶

ISBN 978-7-5632-2982-6 定价:59.00元

## 内容简介

本书按项目编写,共十二个项目。主要内容有:项目一为磁罗经操作与维护,项目二为陀螺罗经操作与维护,项目三为回声测深仪操作与维护,项目四为船用计程仪操作与维护,项目五为 GPS 操作与维护,项目六为雷达操作与维护,项目七为 AIS 操作与维护,项目八为电子海图信息与显示系统操作与维护,项目九为船载航行数据记录仪认知,项目十为船舶远程识别与跟踪系统认知,项目十一为综合船桥系统认知与应用,项目十二为综合运用航海仪器引导船舶航行和定位。

本书是浙江交通职业技术学院国家骨干建设项目航海技术专业配套教材,内容符合浙江交通职业技术学院《航海仪器操作与维护》课程标准,同时也符合中华人民共和国海事局新颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试和发证规则》航海学科目的要求,适用于航海技术专业的教科书或教学参考书,同时也可作为无限航区和沿海航区各个等级的二/三副适任考试培训用书。

## 前 言

本教材是根据中华人民共和国海事局制定的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》、《中华人民共和国海船船员适任评估规范》、《STCW 公约(马尼拉修正案)》及浙江交通职业技术学院《航海仪器操作与维护》课程标准编写的,可供航海技术专业的学生学习使用,也适合于无限航区和沿海航区各个等级的二/三副适任考试培训使用。

本教材的编写指导思想是能够覆盖《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》关于航海仪器的全部内容及《中华人民共和国海船船员适任评估规范》中关于航海仪器正确使用的全部内容,兼顾课程体系的系统性和完整性,注重实际操作,能有效地帮助和指导学员学习、实操和实际应用。

本教材共分十二个项目,由浙江交通职业技术学院海运学院任松涛主编,浙江交通职业技术学院徐雪忠副主编,宁波大学郑道昌教授主审。任松涛编写了项目一、项目二、项目六、项目八、项目十二,徐雪忠编写了项目三、项目四、项目七,浙江交通职业技术学院李彦朝编写了项目五中的第五单元、项目十、项目十一,浙江海运集团何军船长编写了项目五中的第一至第四单元,浙江海运集团孙升贤船长编写了项目九。本书由任松涛统稿。

本教材编写过程中,得到了青岛远洋运输有限公司徐和田船长、青岛远洋运输有限公司傅大海船长、舟山海星轮船有限公司於南波船长、宁波远洋运输有限公司胡卓文大副、浙江海事局张义波船长、浙江海事局陈仕勇船长及大连海事大学成川教授的指导与支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,不足之处在所难免,竭诚希望广大读者批评指正。

# 目 录

项目一 磁罗经操作与维护.....	1
单元一 磁罗经结构与指北原理认知.....	2
单元二 磁罗经自差校正.....	9
单元三 磁罗经检查与使用 .....	18
项目二 陀螺罗经操作与维护 .....	22
单元一 自由陀螺仪特性认知 .....	23
单元二 自由陀螺仪视运动认知 .....	27
单元三 陀螺罗经控制力矩认知 .....	31
单元四 陀螺罗经阻尼力矩认知 .....	37
单元五 陀螺罗经指向误差认知 .....	42
单元六 安许茨 4 型陀螺罗经结构认知 .....	50
单元七 安许茨 22 型陀螺罗经结构认知.....	60
单元八 斯伯利 37 型陀螺罗经结构认知.....	74
单元九 SGB1000 型陀螺罗经结构认知 .....	79
单元十 安许茨 4 型陀螺罗经操作与维护保养 .....	85
单元十一 斯伯利 37 型陀螺罗经操作与维护保养.....	91
单元十二 SGB1000 型陀螺罗经操作与维护保养 .....	93
项目三 回声测深仪操作与维护 .....	95
单元一 测深原理与误差认知 .....	96
单元二 FURUNO FE-700 型回声测深仪操作 .....	102
项目四 船用计程仪操作与维护.....	108
单元一 计程仪工作原理认知.....	109
单元二 FURUNO DS-80 型多普勒计程仪操作.....	114
项目五 GPS 操作与维护.....	121
单元一 GPS 工作原理认知.....	122
单元二 GPS 定位误差认知.....	129

单元三	DGPS 工作原理与定位误差认知 .....	132
单元四	其他 GNSS 认知 .....	135
单元五	NAVMAN T5430 CHART PLOTTER GPS 接收机操作 .....	141
<b>项目六</b>	<b>雷达操作与维护</b> .....	<b>160</b>
单元一	雷达目标探测与显示基本原理认知 .....	161
单元二	雷达基本操作与设置 .....	176
单元三	雷达观测性能与观测技术认知 .....	190
单元四	目标观测特性认知 .....	202
单元五	影响雷达正常观测的因素认知 .....	213
单元六	雷达定位与导航 .....	223
单元七	雷达目标跟踪与 AIS 目标报告 .....	228
单元八	雷达目标跟踪功能基本操作 .....	255
<b>项目七</b>	<b>AIS 操作与维护</b> .....	<b>258</b>
单元一	AIS 组成与工作原理认知 .....	259
单元二	船载 AIS 操作 .....	266
单元三	船载 AIS 安装与可靠性认知 .....	292
<b>项目八</b>	<b>电子海图信息与显示系统操作与维护</b> .....	<b>298</b>
单元一	电子海图认知 .....	299
单元二	ECDIS 数据认知 .....	311
单元三	ECDIS 操作与应用 .....	336
单元四	使用 ECDIS 的风险 .....	373
<b>项目九</b>	<b>船载航行数据记录仪认知</b> .....	<b>379</b>
<b>项目十</b>	<b>船舶远程识别与跟踪系统认知</b> .....	<b>388</b>
<b>项目十一</b>	<b>综合船桥系统认知与应用</b> .....	<b>398</b>
<b>项目十二</b>	<b>综合运用航海仪器引导船舶航行和定位</b> .....	<b>413</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>419</b>



# 项

## 目一

# 磁罗经操作与维护

磁罗经是利用地磁场对磁针具有吸引力的现象而制成的一种航海指向仪器,可为船舶指示航向、定位和导航。

### ● 认知目标

了解磁罗经的发展历程;认知磁罗经基本工作原理;了解 IMO 对磁罗经的安装要求和性能指标的要求。

### ● 能力目标

会描述磁罗经基本工作原理;会描述磁罗经结构;会读取磁航向和测目标磁方位;会利用磁罗经自差表或自差曲线修正磁罗经航向;会检查磁罗经使用性能好坏。

### ● 情意目标

树立团队合作意识、较强的安全意识和高度的社会责任感,培养严谨踏实的工作态度,树立不断学习进取的信念。



# 单元一

## 磁罗经结构与指北原理认知

### ● 认知目标

了解有关磁场、地磁场的概念；了解磁罗经的发展历程；了解磁罗经的结构组成。

### ● 能力目标

会指认磁罗经结构；能描述磁罗经基本工作原理。

### ● 情意目标

树立团队合作意识、较强的安全意识和高度的社会责任感，培养严谨踏实的工作态度，树立不断学习进取的信念。

【任务一】阅读引导文一，求磁铁磁轴延长线上某点的场强（设有单位正磁量位于具有磁量为  $m$  的磁铁的磁轴延长线上的  $P_1$  点，见图 1-1，该点与磁铁中心的距离  $OP_1 = r$ ，磁铁两磁极间的半长为  $l$ ， $r \gg l$ ）。

【任务二】阅读引导文一，求磁铁磁轴垂直平分线上某点的场强（设有单位正磁量位于具有磁量为  $m$  的磁铁的磁轴垂直平分线上的  $P_2$  点，见图 1-2，该点与磁铁中心的距离  $OP_2 = r$ ，磁铁两磁极间的半长为  $l$ ， $r \gg l$ ）。

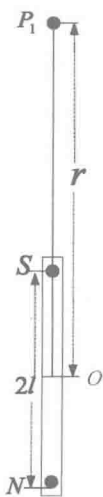


图 1-1 磁轴延长线上的场强

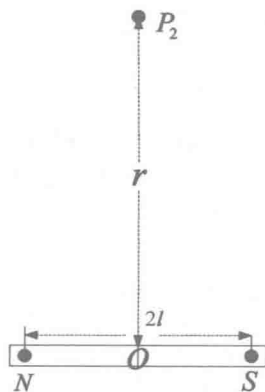


图 1-2 磁轴垂直平分线上的场强

## 【引导文一】

## 磁的基本知识

## 1. 磁性

物体能吸引铁、镍、钴等物质的性质叫作磁性。磁铁具有同性磁极相斥、异性磁极相吸的特性。

## 2. 磁铁

目前所应用的各种磁铁均为人造磁铁,即用人工方法将镍、钴、钨等金属材料经磁化而制成的,根据需要可以把磁铁做成各种形状,磁罗经中所使用的是条形磁铁。我们把条形磁铁中磁性最强的地方称为磁极。

条形磁铁的磁极主要集中在磁棒的两端,我们将一根自由悬挂着的磁铁,指向地磁北极的一端称为北极,用“N”表示,并涂成红色,其磁量用 $+m$ 表示;指向地磁南极的一端,称为南极,用“S”表示,并涂成蓝色或黄色等,其磁量用 $-m$ 表示。两磁极间的连线称为磁轴,同一磁铁两磁极的磁量是相等的。磁铁磁极的位置视磁铁形状、金属材料、磁化过程和磁化程度而定,用 $L$ 表示磁铁的全长,通常认为南北磁极距磁铁两端为 $L/12$ ,如图1-3所示。

为了保持磁铁的磁性,磁铁存放时应避免受到高温、敲击或其他恒定磁场的影响,并应使磁铁异名极相靠。

## 3. 磁场强度

磁场作用力所能达到的空间范围称为磁场,其性质可用“磁场强度”或“磁力线”来描述。

场中某点 $r$ 处的磁场强度( $H$ )是指作用于放置在该点的单位正磁量所受到的作用力。若磁场中某一范围内,各点的磁场强度大小相等,方向一致,则该范围内的磁场称为均匀磁场,位于船体范围内的地磁场以及罗盘范围内的船磁场可视为均匀磁场。

在磁铁的外部,磁力线是从磁铁的N极出发,经由外面空间回到磁铁S极,再经磁铁内部到N极形成闭合曲线(如图1-4)。磁力线上某点小磁针N极所指的切线方向就是该点的磁场强度 $H$ 的方向。

## 4. 磁化与去磁

自然界内的物质可分为磁性物质和非磁性物质两大类。

磁性物质又称为铁磁性物质,铁、镍、钴及其合金等金属材料均属于磁性物质。磁性物质在外磁场的作用下会呈现出较强的磁性,这种现象称为磁化。当外磁场消失后,磁性物质仍具有一定的磁性,由此产生的磁场强度称为磁感应强度( $B$ ),即 $H=0, B \neq 0$ ,令 $B = B_r$ , $B_r$ 称为剩磁。这种 $B$ 的变化落后于 $H$ 变化的现象叫作磁滞现象。为消除剩磁,必须加一反向磁场,当使磁感应强度 $B$ 降为零时,所加的反向磁场 $H = H_c$ , $H_c$ 称为矫顽力,它表示磁性物质抗去磁的能力。

磁性物质按其保留磁性的大小,又可分为硬铁和软铁两类。硬铁磁性材料需由较强的外磁场磁化,一经磁化后,其剩磁可保留较长时间不易消失,即硬铁的特点是剩磁和矫顽力均较

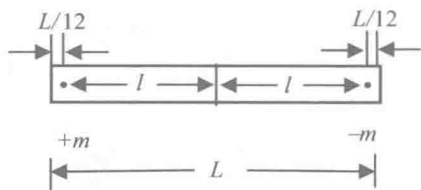


图1-3 条形磁棒与磁极

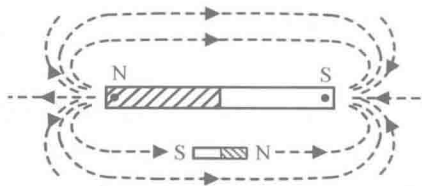


图1-4 条形磁棒与磁力线



$+90^\circ$ ;在磁南极,磁倾角为 $-90^\circ$ 。将磁倾角为固定值点的连线称为磁纬度。



图 1-6 地磁极与磁力线

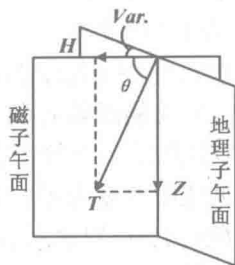


图 1-7 磁差

在水平磁力  $H$  的作用下,罗盘  $000^\circ$  指向磁北。水平磁力  $H$  在磁赤道处最大,而垂直磁力  $Z$  在磁赤道处为零。在磁极处,垂直磁力  $Z$  为最大,水平磁力  $H$  却为零,因而导致磁罗经在磁极附近是不能指向的。

在不同的地理位置,磁差是不相同的。磁差的变化范围为  $0^\circ \sim 180^\circ$ 。纬度越高,磁差越大。当磁北分别位于真北的东面或西面时,分别称为东磁差和西磁差。

通常把地磁水平磁力  $H$ 、磁倾角  $\theta$  和磁差  $Var$  称为地磁三要素。

在海图上将同一地磁要素相同值的各点连成等值线,这种曲线图称为地磁图。目前,航海上所使用的地磁图有等磁差线图、等水平力线图、等垂直力线图、等磁倾角线图和等地磁总力线图等。由于各地磁要素逐年缓慢地变化,因此各地磁图与标注的数据只适用于某一特定年份,通常地磁要素图每 5 年左右重新绘制一次。在实际使用时,为获得较准确的数据,应根据地磁要素的年变化率修正地磁图上标注的数据。

【任务四】阅读引导文三,完成表 1-1。

表 1-1 磁罗经结构

名称	英文名	材料	作用
罗经柜			
佛氏铁			
横向磁棒			
纵向磁棒			
垂直磁棒			
罗盆			
软铁球/片			

【引导文三】

### 磁罗经的分类

#### 1. 按罗盆内有无液体分类

罗经可分为液体罗经和干罗经两类,因船舶摇摆时,干罗经的罗盘不易稳定,使用不方便,故已被淘汰了。液体罗经的罗盘浸浮在盛满液体的罗盆内,因受液体的阻尼作用,船舶摇摆

时,罗盘的指向稳定性较好。另外受液体浮力的作用,可减小轴针与轴帽间的摩擦力,提高了罗盘的灵敏度,这种液体罗经在现代船舶上得到普遍使用。

## 2. 按磁罗经的用途分类

(1) 标准罗经,它用来指示船舶航向和测定物标的方位。一般安装在驾驶台顶露天甲板上,因其位置较高,受船磁影响小,指向较为准确,故称为标准罗经。

有的标准罗经配有一套导光装置,可将罗盘刻度投射到驾驶台内的平面镜中,供操舵人员观察航向。根据照射罗盘光源位置的不同,这类罗经又可分为投影式和反射式两种。投影式罗经光源在罗盘的上方,罗盘上的刻度均被挖空以便透射光线;而反射式罗经的光源从罗盘下方向上照射,经过反射把罗盘上的度数传至驾驶台内的平面镜中。

(2) 操舵罗经,安装在驾驶台内,专供操舵用。当安装有反射或投影式的标准罗经时,可免装操舵罗经。

(3) 救生艇罗经,每个救生艇都备有一个小型液体罗经,以供操纵救生艇时使用。

(4) 应急罗经,安装在应急舵房内,以便使用应急舵航行时,指示航向。当船舶装有陀螺罗经,大都用它的分罗经作应急罗经。

## 3. 按罗盘的直径分类

常用的有 190 mm 型、165 mm 型、130 mm 型等三种罗盘直径的罗经。190 mm 罗经安装在中大型船舶上,165 mm 和 130 mm 罗经安装在中小型船舶上。

### 磁罗经的结构

一般船上使用的磁罗经,均由罗经柜、自差校正器和罗盆三部分组成。

#### 1. 罗经柜

罗经柜是用非磁性材料制成的,用来支撑罗盆和安放消除自差校正器,如图 1-8 所示。

在罗经柜的顶部有罗经帽,它可以保护罗盆,使其避免雨淋和阳光照射,以及在夜航中防止照明灯光外露。

#### 2. 自差校正器

罗经柜正前方的竖直圆筒中放置的长短不一的软铁条称为佛氏铁,用来校正磁罗经的次半圆自差。

罗经柜左右正横方向放置的软铁球或软铁片,用来校正磁罗经的象限自差。

在罗经柜内,位于罗盘中心正下方安装一根垂直铜管,管内放置消除倾斜自差的垂直磁铁,并由吊链拉动可在管内上下移动。

在罗经柜还有放置消除半圆自差的水平纵横向磁铁的架子,并保证罗经中心应位于纵横磁铁的垂直平分线上。

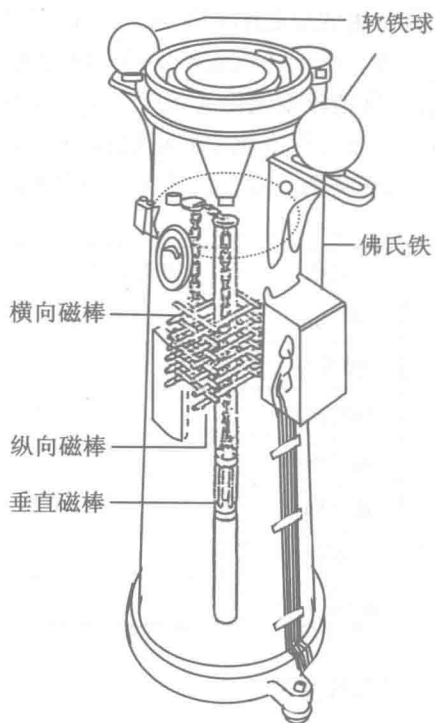


图 1-8 罗经柜与自差校正器



### 3. 罗盆

罗盆由罗盆本体和罗盘两部分组成,如图 1-9 所示。

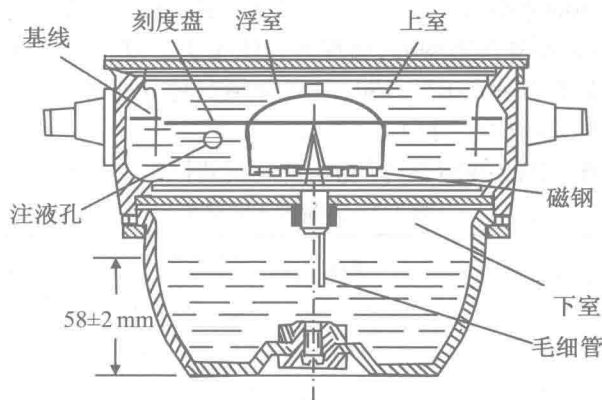


图 1-9 罗盆

罗盆系铜制成,其顶部为玻璃盖,玻璃盖的边缘有水密橡皮圈,并用一铜环压紧以保持水密。罗盆重心均较低,以使罗盆在船摇摆时,仍能保持水平。

罗盆放置在常平环上,以在船体发生倾斜时,罗盆保持水平。常平环通常装在减震装置上,以减缓罗盆振动。

罗盆内充满液体,通常为 45% 的酒精与 55% 蒸馏水的混合液(有些磁罗经采用煤油),酒精的作用是为了降低冰点。在罗盆的侧壁有一注液孔,供灌注液体以排除罗盆内的气泡。注液孔平时由螺丝旋紧以保持水密。

在罗盆内,其前后方均装有罗经基线,位于船首方向的称为首基线,当首基线位于船首尾面内时,其所指示的罗盘刻度即为本船的航向。

罗盆还采取了用以调节盆内液体热胀冷缩的措施。有些罗经在其罗盆底部装有铜皮压成的波纹形的皱皮,用以调节罗盆内液体的膨胀与收缩。还有罗经,其罗盆分为上下两室,如图 1-9 所示,上室安放罗盘,并充满液体;下室液体不满,留有一定的空间,由毛细管连通罗盆的上下两室。当温度升高时,上室液体受热膨胀,一部分液体通过毛细管流到下室;反之,当温度降低,上室液体收缩时,在大气压力下,由下室又向上室补充一部分液体,起到调节液体热胀冷缩的作用,避免上室出现气泡。

罗盘是磁罗经的核心部分,它是指示方向的灵敏部件。液体罗经的罗盘均由刻度盘、浮室、磁钢和轴帽组成,如图 1-10 所示。

刻度盘由云母等轻型非磁性材料制成,上面刻有  $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$  的刻度和方向点。罗盘中间为一水密空气室,称为浮室,用以增加罗盘在液体中的浮力,减轻罗盘与轴针间的摩擦力,提高罗盘的灵敏度。

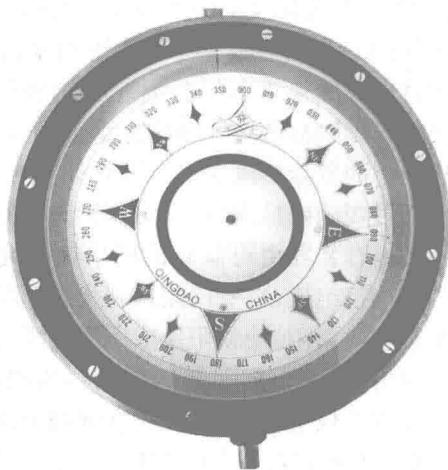


图 1-10 罗盘

浮室中心轴处为上下贯通的螺丝孔,孔底部装置宝石制成的轴帽,浮室下部呈圆锥形,以限制轴针的尖端只能与轴帽接触,轴针的尖端由铱铂等合金制成,罗盘通过轴帽支承在轴针上,可减小轴针与轴帽间的摩擦力。目前为减小罗盘的振动,在宝石的上方还装有减振装置。

罗盘的磁钢目前有条形和环形两种,均焊牢在浮室上。现代罗经采用两对或三对短磁针构成的磁针系统,这些磁针以罗盘  $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$  为对称轴对称分布在其两侧,其端点在一个同心圆上,以保证合成后的磁矩指向  $0^{\circ}$  方向。

【任务五】阅读引导文四及观察教师的演示,观测陆标和太阳方位,并记入表 1-2。

表 1-2 方位观测记录表

日期	时间(精确到分)	物标名称	观测罗方位(精确到 $0.1^{\circ}$ )
		太阳	

#### 【引导文四】

#### 方位仪

方位仪是一种配合罗经用来观测物标方位的仪器。通常有方位圈、方位镜、方位针等几种。方位圈如图 1-11 所示,它由铜制成,有两套互相垂直观测方位的装置。其中一套装置由目视照准架和物标照准架组成。在物标照准架的中间有一竖直线,其下部有天体反射镜和棱镜。天体反射镜用来反射天体(如太阳)的影像,而棱镜用来折射罗盘的刻度。目视照准架为中间有细缝隙的竖架。当测者从细缝中看到物标照准线和物标重合时,物标照准架下三棱镜中的罗盘刻度,就是该物标的罗经方位。这套装置既可观测物标方位,又可观测天体方位。

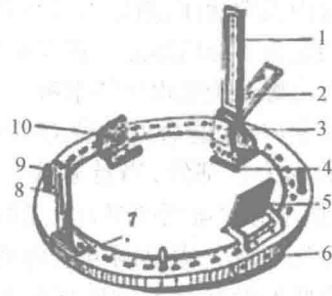


图 1-11 方位圈

另一套装置由可旋转的凹面镜和允许细缝光线通过的棱镜组成,它专门用来观测太阳的方位。若将凹面镜朝向太阳,使太阳聚成一束的反射光经细缝和棱镜的折射,投影至罗盘上,则光线所照亮的罗盘刻度即为太阳的方位。

在方位仪上均有水准仪,在观测方位时,应使气泡位于中央位置,提高观测方位的精度。

【任务六】通过以上讲解与演示,请你写出磁罗经的指北原理。

---



---



---



---



---

## 单元二

### 磁罗经自差校正

#### ● 认知目标

了解船用磁罗经产生自差的原因及各类自差的特性。

#### ● 能力目标

会校正磁罗经自差。

#### ● 情意目标

树立团队合作意识、较强的安全意识和高度的社会责任感,培养严谨踏实的工作态度,树立不断学习进取的信念。

【任务一】阅读引导文一,完成表 1-3。

表 1-3 自差分类表

名称	英文名	与航向的关系式	消除方法
恒定自差			
半圆自差			
次半圆自差			
象限自差			
次象限自差			
倾斜自差			

#### 【引导文一】

##### 磁罗经自差种类及特性

船体是由许多硬铁和软铁的钢材组成的,由船硬铁材料所形成的永久磁性称为“永久船磁”;由船软铁材料所形成的感应磁性称为“软铁船磁”,两者统称为“船磁”。在船磁的作用下,船上的磁罗经罗盘  $000^\circ$  指向地磁水平分量  $H$  和船磁产生的磁场水平分量  $H_1$  的合磁场方向  $H'$  (如图 1-12 所示),即偏离了磁北  $N_m$ ,从而产生了“自差”,用  $\delta$ 、 $Dev$  表示。

在实船上,作用于磁罗经的力有地磁力、永久船磁力和感应船磁力。现在我们来讨论驾驶台在船尾的船舶安装于船舶首尾面内的标准磁罗经的各类自差及特性。

##### 1. 恒定自差

恒定自差是由船舶软铁材料具有的感应船磁作用于罗盘产生的,其大小、符号在磁罗经安



装后不会发生变化,即与船舶所在的纬度及船舶航向无关,故称为恒定自差  $\delta_A$ ,用式(1-2)表示。

$$\delta_A \approx A' \quad (1-2)$$

式中:  $A'$  ——准确恒定自差系数。

恒定自差与罗航向的关系 ( $A' > 0$ ) 如图 1-13 所示。

恒定自差较小,一般不做校正,将其保留到剩余自差中。

## 2. 半圆自差

半圆自差是由船上硬铁材料具有的永久船磁和软铁材料具有的感应船磁共同作用于罗盘产生的,其大小、符号与船舶所在的纬度及船舶航向有关。在  $360^\circ$  的航向中,自差符号改变一次(如图 1-14 所示),故称为半圆自差,用式(1-3)表示。

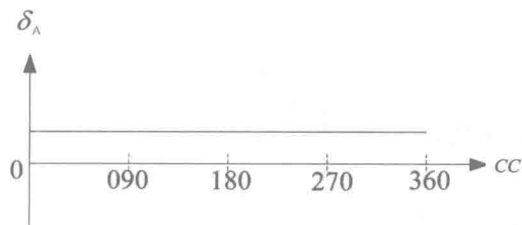


图 1-13 恒定自差曲线差

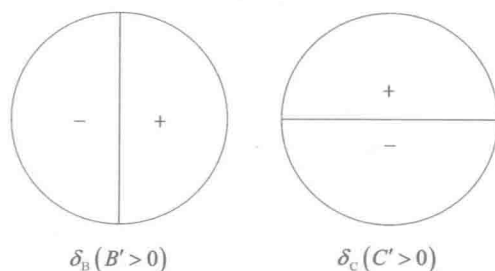


图 1-14 半圆自差的符号

$$\begin{aligned} \delta_B &\approx B' \sin CC \\ \delta_C &\approx C' \cos CC \end{aligned} \quad (1-3)$$

式中:  $B'$ 、 $C'$  ——准确半圆自差系数。

半圆自差与罗航向的关系 ( $B' > 0$ ,  $C' > 0$ ) 如图 1-15 所示。

通常由纵向硬铁船磁力 ( $P$ ) 和横向硬铁船磁力 ( $Q$ ) 产生的半圆自差称为半圆自差,分别用纵向磁棒和横向磁棒校正;由软铁产生的半圆自差称为次半圆自差,用在罗经柜正前方放置佛氏铁(或软铁条)来校正。

## 3. 象限自差

象限自差是由船上的软铁材料具有的感应船磁作用于罗盘产生的,其大小、符号与船舶航向有关。在  $360^\circ$  的航向中,自差符号改变两次(如图 1-16 所示),故称为象限自差,用式(1-4)表示。

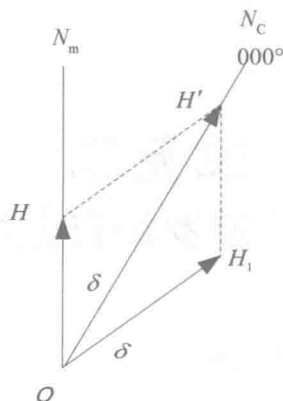


图 1-12 自差