

船用磁罗经自差学

赵 仁 余
潘 琪 祥 合 编
顾 嶸

上海海运学院

前 言

本书根据海洋船舶驾驶专业本科生和专科生的磁罗经教学大纲、同时兼顾海洋船舶驾驶员的磁罗经考试大纲的原则编写而成。总授课时数为20~30学时。主要包括船用磁罗经、自差原理和罗经校正三部分。本书遵循少而精的原则,尝试从物理概念入手分析自差原理,避开繁杂的数学推导,力求简单明了,易于理解。罗经校正则介绍我国当前常用的罗经校正方法——爱利法。书中还附有一定数量的习题,这无疑对于巩固知识和船舶驾驶员考证都是有益的。

本书的第一章、第二章由顾嵘讲师编写;第三章由潘琪祥副教授编写;第四章、附录和所有的习题均由赵仁余讲师编写。全书由潘琪祥副教授审阅,最后由赵仁余讲师统稿。戴建江老师参加了部分工作。

由于水平有限,时间仓促,缺点和错误难免,希望读者批评指正。

绪 言

磁罗经是船舶用于指示向位的仪器之一。安装在船舶上的磁罗经由于受船磁的影响，磁针不是指向磁北，而是指向地磁力与船磁力的合力方向——罗北方向。因船磁影响而产生的这一误差称磁罗经自差。磁罗经自差的大小及对磁罗经自差的掌握与否会直接影响到航行的安全，为此，驾驶人员必须了解磁罗经自差产生的原因、消除方法及剩余自差的测定等。“磁罗经自差学”就是研究这些内容的。

磁罗经是我们祖先的四大发明之一。早在二千三百多年前的战国时代，我们的祖先就了解了磁石的性质，并应用于指示方向。《吕氏春秋》中记有：“慈面召铁，或引之也。”韩非子《有度篇》中也有“司南”一词出现。

在我国历史上，早期称这种利用磁石指示方向的仪器为“司南”，中期称“指南针”、“地螺”；晚期称“针盘”、“子午盘”、“罗盘”、“罗镜”、“罗星”及“罗盘针”等。

早期的“司南”是把磁石加工成勺形，置于光滑的石面上用以确定方向。鉴于它的灵敏性不高，后来有了改进，出现了人造磁体的指南鱼，浮于水上，用来定向。在宋代的《武经总要》和《梦溪笔谈》二书中，不但记载有针形的“指南针”和它的多种支挂方法，而且也谈及它在军事上的应用。至于指南针在航海上的应用，在北宋末年朱彧著的《萍洲可谈》一书中就有如下记载：

“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针。”这是迄今世界上关于航海上使用指南针最早的记载。也就是说在十一世纪时，我国的海船上已普遍使用指南针来识别方向了。由于宋代已有大船航行到波斯湾，指南针也随之传入阿拉伯，到十二世纪末又由阿拉伯传至欧洲。对此，恩格斯在其所著的《辩证法与自然科学》一书中曾明确予以肯定。

十八世纪末，由于采用了钢铁做造船材料，这时装在船上的磁罗经就失去了原有的准确性，产生了表面上看来似乎是不规则的误差——自差。对这一神秘莫测的现象，许多航海家在实践中进行了观测和研究，逐步总结出产生自差的原因，并认识到表面上看来似乎是不规则的自差、实际上是有其规律的。十九世纪初，许多学者对自差进行了研究，法国物理学家泊松发表了对磁罗经作用力的恒等式；英国天文学家爱利提出了半圆自差的消除方法；俄国的科仑克不但深入研究了消除半圆自差、象限自差和倾斜自差的一系列方法，还亲自设计了测定地磁水平力及垂直分力的磁力计。前人的这些研究和实践不仅给磁罗经自差学奠定了理论基础，有些方法至今还被人们应用着。

近几十年来，磁罗经在构造上和应用上都有了很大的发展，例如利用磁罗经复示器、反射磁罗经、磁罗经自动舵等。虽然目前船舶上已广泛采用陀螺罗经做为指示向位的仪器，但由于磁罗经结构简单、性能可靠、坚固耐用、维护方便，所以至今仍不失为船舶必备的基本仪器之一。

船用磁罗经自差学

目 录

前言

绪言

第一章 磁的基础知识

- 第一节 磁的基本概念.....(1)
- 第二节 磁铁的磁场强度.....(2)
- 第三节 钢铁的磁化.....(4)
- 第四节 地磁.....(6)
- 习题一.....(7)

第二章 船用磁罗经及方位仪

- 第一节 磁罗经和方位圈.....(9)
- 第二节 磁罗经的安装.....(13)
- 第三节 磁罗经的检查、保管和使用注意事项.....(14)
- 习题二.....(17)

第三章 自差原理

- 第一节 船正平时的自差.....(19)
- 第二节 倾斜自差.....(34)
- 第三节 自差的测定.....(37)
- 习题三.....(42)

第四章 自差的消除和磁罗经校正工作

- 第一节 消除自差的必要性及其原则.....(45)
- 第二节 倾斜自差的消除.....(46)
- 第三节 半圆自差的消除.....(48)
- 第四节 象限自差的消除.....(53)
- 第五节 磁罗经校正工作.....(57)
- 第六节 自差系数及自差表的计算.....(60)
- 第七节 自差的变化.....(70)
- 习题四.....(72)

附录1. 在某港校正磁罗经实例.....(75)

附录2. 泊松方程式介绍.....(78)

附录3. 罗经作用力摘要表.....(81)

第一章 磁的基础知识

第一节 磁的基本概念

一、磁性和磁铁

物体吸引铁、钢、镍等物质的性质叫做磁性。凡是带有磁性的钢铁物体叫做磁铁。磁铁分为天然磁铁与人造磁铁两种，凡具有天然磁性的铁矿石就是天然磁铁；以人工方法，用钢或其它合金制成的磁铁则叫做人造磁铁。人造磁铁的形状，一般有条形、马蹄形和针形三种。磁罗经中都是用条形磁铁，称为磁棒。

二、磁极

磁铁的磁性最强处叫做磁极。磁铁中部无磁性的部分叫做中性区。条形磁铁的磁极位置，约在离末端 $\frac{1}{12}L$ (L 为条形磁铁的全长)处(图1—1)。针形磁铁的磁极，可认为在其针尖上。每根磁铁均有两个磁极，若将一根磁铁自由悬挂，它将静止于南北方向上。我们把向北的磁极称为指北极，简称北极，向南的磁极称为指南极，简称南极。在磁罗经自差学中，通常用“N”或红色表示北极，以“S”或蓝色表示南极。磁极具有同性相斥，异性相吸的特性。

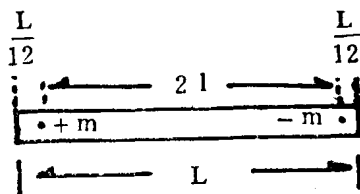


图 1—1

三、磁轴

磁铁中两磁极的连线称磁轴。

四、磁量和磁矩

磁极的强度，是用磁极所含的磁量(m)来表示的。规定北磁极所含磁量为正，南磁极的磁量为负，两极的磁量总是相等的。

磁矩是磁铁磁量与两极间距离的乘积，用 M 表示，如图(1—1)中，如用 l 表示两极间距离的一半，则磁矩：

$$M = 2ml$$

磁学上采用“厘米、克、秒”的单位，磁矩的单位用 $\text{c} \cdot \text{g} \cdot \text{s} \cdot \text{M}$ 表示。一根磁棒磁性的强弱是用磁矩的大小表示的。磁棒的磁矩越大，表示磁棒的磁性越强。

五、磁力

磁力是两磁极间产生的相拒或相吸的作用力。磁力是一矢量，磁力的相互作用符合矢量相加法则。

设有两个磁极，其磁量分别为 m_1 和 m_2 ，两者距离为 $d(\text{cm})$ ，则根据磁的库仑定律，两磁极产生的相互作用力为 F ：

$$F = \frac{m_1 \times m_2}{\mu d^2} \text{ (达因)} \quad (1-1)$$

μ 是两极间的磁介质的导磁系数，真空中 $\mu=1$ ，在空气中， μ 近似为1。

若 F 为正号时，表示两同性的磁极产生相互排斥的力；若 F 为负号，表示两异性的磁极产生相互吸引的力。

第二节 磁铁的磁场强度

一、磁场和磁场强度

在磁铁的周围，凡是磁力所能达到的范围叫做磁场。若把小磁针放在条形磁铁的周围，我们可以看到，小磁针将不指南北，而是停止在如图1—2所示的各个方向上。小磁针之所以不指南北，就是受磁铁产生的磁场作用的结果。

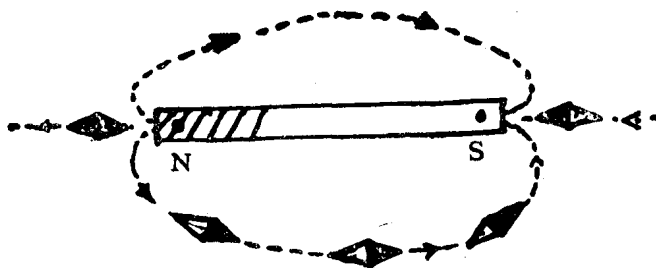


图 1—2

磁铁磁场的强弱可用磁场强度来表示，单位正磁量($m = +1$)在磁场某点处所受到的磁力，就是该点处的磁场强度。通常磁场强度用 H 表示，它是个矢量，它的方向就是磁力的方向。若在一定范围内磁场强度 H 的大小相等，方向相同，则此范围内的磁场称为均匀磁场。

在 $c \cdot g \cdot s \cdot M$ 制中，磁场强度的单位叫做奥斯特(Oersted)。某点磁场强度为1奥斯特时，说明在该点的单位正磁量所受的磁力为1达因。

磁铁产生的磁场可以用磁力线来表示。依照磁场中各点磁场强度的方向光滑连结而成的曲线或直线叫做磁力线。磁铁的磁力线是从磁铁的北极出发，经过空间，进入磁铁的南极，形成闭合曲线，如图1—2所示。

二、磁轴延长线上某点的磁场强度(高斯第一位置)

设磁铁 NS 之磁量为 m ， N 、 S 极间的距离为 $2l$ ，位于 A 点的磁量 $m' = +1$ ， A 点与磁铁中心的距离 $OA = d$ ，并且 $d \gg l$ (如图1—3所示)。

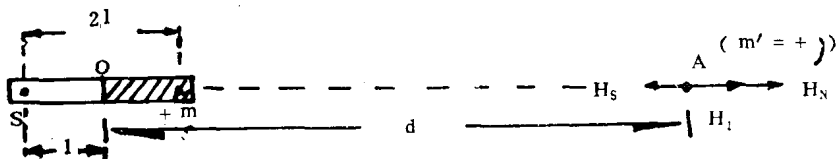


图 1—3

磁铁在 A 点的磁场强度 H_1 应为 N 极对 A 点的作用力 H_N 和 S 极对 A 点的作用力 H_S 的合力。按照库仑定律可得：

$$H_N = \frac{(+m) \times (+1)}{(d-l)^2} = \frac{+m}{(d-l)^2}$$

$$H_S = \frac{(-m) \times (+1)}{(d+l)^2} = \frac{-m}{(d+l)^2}$$

两者的合力，即A点的磁场强度 H_1 ：

$$\begin{aligned} H_1 &= H_N + H_S = \frac{+m}{(d-l)^2} + \frac{-m}{(d+l)^2} = \frac{m(d+l)^2 - m(d-l)^2}{(d-l)^2(d+l)^2} \\ &= \frac{4ml}{d^4 \left(1 - \frac{l^2}{d^2}\right)^2} = \frac{2M}{d^3 \left(1 - \frac{l^2}{d^2}\right)^2} \end{aligned}$$

$$\because l \ll d \quad \therefore \frac{l^2}{d^2} \text{ 很小}$$

即：
$$H_1 = \frac{2M}{d^3}$$

H_1 的方向总是与SN的指向相同。罗经柜中的垂直磁棒对罗经的作用力，就属此种位置。

三、在磁轴线垂直平分线上某点的磁场强度(高斯第二位置)

仍用前面所述的磁铁NS，设单位正磁量 $m' = +1$ 位于磁轴线垂直平分线上的B点，该点与磁铁中心的距离为 d ，并且 $d \gg l$ (如图1—4所示)。

磁铁两极对B点的作用力 H_N 和 H_S 的方向不同，但大小相等。即

$$H_N = H_S = \frac{m}{d^2 + l^2}$$

磁铁对B点的磁场强度 H_2 应为上述两作用力的合力：

$$H_2 = H_N \cos \alpha + H_S \cos \alpha = \frac{2m}{d^2 + l^2} \cos \alpha$$

因为
$$\cos \alpha = \frac{l}{\sqrt{d^2 + l^2}}$$

所以
$$H_2 = \frac{2ml}{(d^2 + l^2)^{3/2}} = \frac{M}{d^3 \left(1 + \frac{l^2}{d^2}\right)^{3/2}}$$

由于 $\frac{l^2}{d^2}$ 很小，可以忽略不计，于是

$$H_2 = \frac{M}{d^3} \quad (1-3)$$

比较式(1—2)、(1—3)，可以看出：在与磁铁中心成同一距离的条件下，位于磁轴线方向上一点的磁场强度要比位于垂直平分线上的另一点大一倍。

由图1—4也可看出， H_2 的方向是与磁轴平行而且指向S端方向的。罗经柜中纵横水平校正磁棒对罗经的作用力，就属此种位置。

四、磁场的分解与合成

有时为了讨论方便，我们可以把一个磁场分解为二个或三个磁场，也可以把几个磁场合成一个磁场。分解与合成的方法，可采用平行四边形的作图方法。

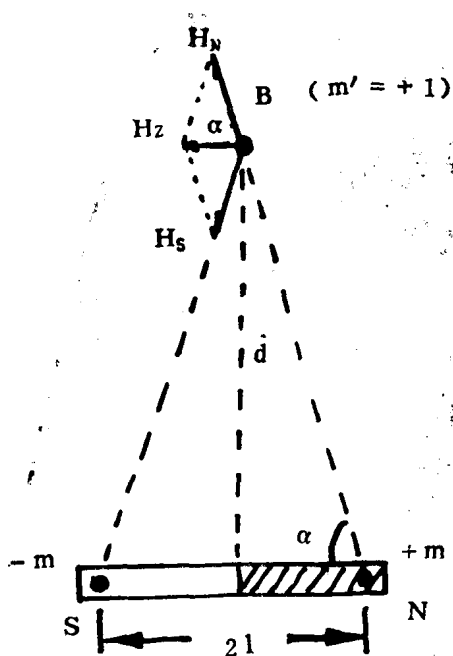


图 1—4

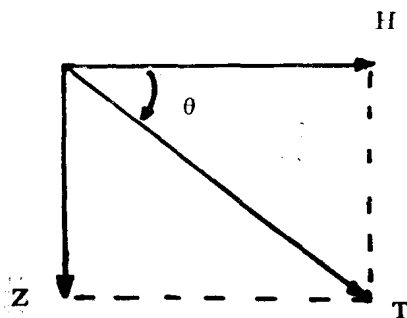


图 1—5

例如：有一磁场如图1—5所示中的T，它与水平面之间的夹角为 θ 。现把它分解成水平和垂直的两个分量，作图得水平分量H、垂直分量Z，于是

$$H = T \cos \theta$$

$$Z = T \sin \theta$$

第三节 钢铁的磁化

一磁化与磁感应

一块原来没有磁性的钢铁材料移近磁极时也表现有磁性。这种原来没有磁性的物体，在磁场中得到磁性叫做磁化。钢铁被磁化的极性，与它所处的磁场方向有关。如图1—6所示，把一根铁钉放在磁棒旁边，铁钉的尖端靠近磁棒的S极，它被磁化为N极，另一端则磁化为S极。从铁钉所处的磁场方向来看，铁钉的N端是向着磁场方向的。因此，钢铁被磁化后的极性有如下的规律：顺着磁力线方向的一端为N极，逆着磁力线方向的一端为S极。

钢铁在磁场中被磁化的现象叫做磁感应。钢铁被磁化时，磁性的大小(磁感应强度)与磁化它的磁场有关。如图1—7所示，图中横轴H表示磁场强度，纵轴B表示钢铁被磁化后的磁感应强度。当磁场比较弱时，钢铁被磁化的磁性大小与磁化它的磁场强度几乎成正比，如图中起磁曲线OA中的Oa部分。aA部分，表示磁感应强度的增加逐渐缓慢，与磁场强度失去正比关系。当磁场强度增大到一定程度时，钢铁磁性就不随磁场强度H的增强而增大，这称为磁饱和，A为磁饱和点。此后，即使H继续增加，但磁化曲线将以接近水平的方向延伸。必须指出：钢铁在磁化力很小的弱磁场中被磁化，它的磁感应强度与磁化力成正比的关系乃是解决磁罗经自差理论问题的主要依据。

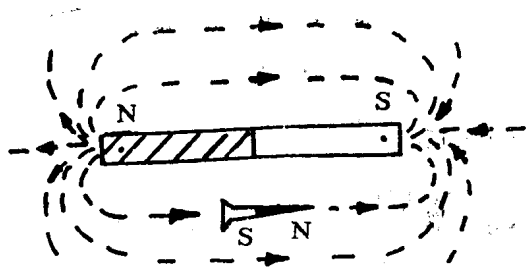


图 1—6

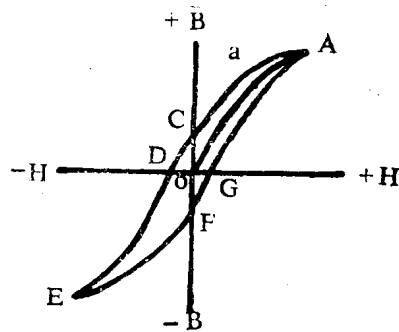


图 1—7

如图(1—7)所示当磁感应强度达到A点后,若逐渐减小磁场强度 H ,则磁感应强度 B 沿着曲线AC而减小。当 H 减小到零时, B 尚留下OC一段,其值称为剩磁。这就是铁磁体具有保持感应磁性的特点。其后,若改变 H 的方向进行反磁化,当 H 达到D点时,钢铁的磁性完全消失。由OD确定的 H 值称为矫顽力。

再继续增加负方向的磁场强度,产生反方向的磁感应强度,同样也能达到饱和点E。如果以后使磁场强度向正方向增加,就可得到一条对称的闭合曲线ACDEFGA,这条曲线称为磁滞回线。磁滞回线全面地表示出钢铁磁化过程中的各种特性。

另外,钢铁被磁化时磁性的大小还与磁场的方向有关。如图1—8所示,设条形铁棒的轴线与磁场 H 不一致,它与磁场间的夹角为 α 。我们可以把磁场 H 分解为两个分量:一个与铁棒平行的分量 $H\cos\alpha$,一个与铁棒垂直的分量 $H\sin\alpha$ 。这时,铁棒只被与它平行的磁场磁化,即被 $H\cos\alpha$ 磁化,与铁棒垂直的磁场 $H\sin\alpha$ 是不起磁化作用的。

因此,当铁棒与磁场方向一致时,铁棒被磁化的磁性最强;当铁棒与磁场垂直时,铁棒将不被磁化。

二、软铁与硬铁

钢铁按其磁化特性可以分为两大类:软铁材料和硬铁材料。软铁材料的磁滞回线上升部分(EFGA)与下降部分(ACDE)很靠近,剩磁和矫顽力很小,即使在弱磁场中也能被磁化,但一离开磁化磁场就很快失去磁性。因此,软铁材料的特性是:很容易被磁化;磁场改变时,软铁材料的磁性立即改变;当磁场为零时,软铁材料也无磁性。这类材料有生铁、熟铁和硅铜等。硬铁材料的磁化特性则与上述各点相反,即磁滞回线的上升与下降部分的距离大,剩磁和矫顽力也大。因此,硬铁材料的特性是:较难被磁化;一旦被磁化后,在正常情况下,能在很长的时间内,仍保留着相当强的磁性,它的磁性变化微小,而且很慢。这类材料有碳钢和钴钢等。在磁罗经自差学中,一般把这两类材料简称为软铁和硬铁。

制造永久磁铁用的是硬铁材料;在造船材料中都含有软铁和硬铁两种类型的钢铁;船用磁罗经的校正中也离不开软铁和硬铁的应用。所以,软铁和硬铁与磁罗经自差的关系都是很密切的。

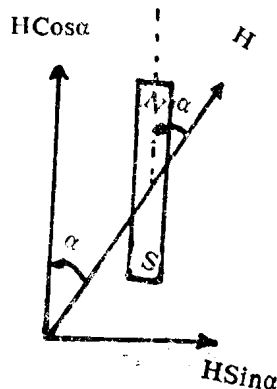


图 1—8

三、退磁

磁罗经中所用的软铁校正器，不可带有磁性。一旦被感应而带有永久磁性，必须退磁。退磁的方法一般有：

1. 加热

磁体加热后会增加原子的热运动，促使磁体失磁。

2. 震动

强烈震动磁体，如敲击、碰撞和滚动磁体等，都是直接增加原子的热运动，使原子排列混乱而失磁。

鉴于上述原因，磁罗经中的磁针、磁棒和校正软铁等必须注意：

1. 磁针和磁棒应避免高温、剧烈振动和各种电流感应，以免失磁。

2. 磁罗经中的软铁校正器，如发现已被磁化，则可将其拆下，用加热(至紫色)或敲击、滚动等方法使其失磁。

3. 保存备用磁棒，应正负极相互交错平排放置，不可同极平排放置，避免导致失磁。

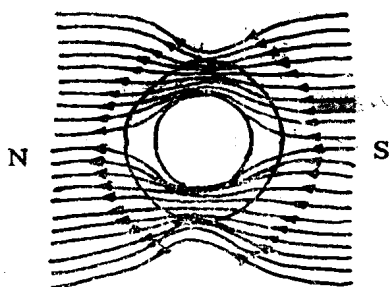


图 1—9

四、磁障

把一个环形软铁放在磁场里，使环面与磁力线平行，则铁环就被磁化，磁力线几乎全部通过铁质部分，铁环的当中部分成为一个磁场强度几乎等于零的区域(如图1—9)，若把铁磁物质放在这个区域内，则没有磁感应作用。这就是铁环对放在环内的物体起了磁障作用。

一个位于铁质或钢质船驾驶台的磁罗经，其指向力比在地面时为小，原因之一就是有一部分的地磁磁力线被船的钢铁所障碍的缘故。

第四节 地 磁

一、地磁场和地磁极

地磁场是围绕在地球外表空间的天然磁场，它好像是由置于地球内部的一块巨大磁铁形成的(如图1—10)。地磁极处于地球的深处，并把靠近地理北极的地磁极称为磁北极，靠近南极的称为磁南极。地磁极的地理位置不是固定的，而是在缓慢变化着，根据测量，两磁极在地球表面的投影位置是：

1950年 磁北极：72°N，96°W，

磁南极：73°S，156°E，

1970年 磁北极：76°12'N，101°W，

1971年 磁南极：60°30'S，139°30'E。

由自由悬挂的小磁针的指向可知，围绕地球空间的地磁磁力线是从地磁南极发出，指向地磁北极的。

二、地磁要素

1. 磁差Var

地面任意一点的地磁场方向，可以用一根自由悬挂的磁针来测定(如图1—11)。磁针北

极指向地磁力 T ，通过磁针磁轴的垂直面，称为该地的“磁子午面”(OHTZ)，磁子午面与地面的交线，是该地磁子午线。磁子午面与地理子午面(ONZ)之间的夹角称为“磁差”。当磁北(N_M)偏在真北(N_T)之东时，称东磁差，当磁北偏在真北之西时，称西磁差。

由于地磁轴与地球自转轴不重合，地磁场分布也不规则，因而地球面上不同地点的磁差大小及方向也不同。

另外，地磁极围绕地轴在缓慢地作椭圆运动，因而同一地点的磁差也因时而异，这种变化一般被折算为年差标注在海图上。

地磁场是弱磁场且磁场强度变化也是基本有规律的，但是，某些地方的磁差会有异常变化，其产生的主要原因有“磁暴”或“磁扰”和“地磁异常”等。这些资料在海图和航路指南中有记载，航行中应加以注意。

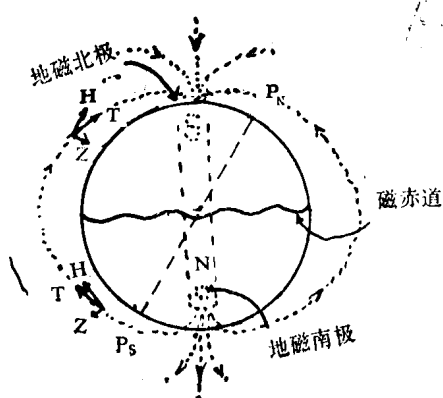


图 1—10

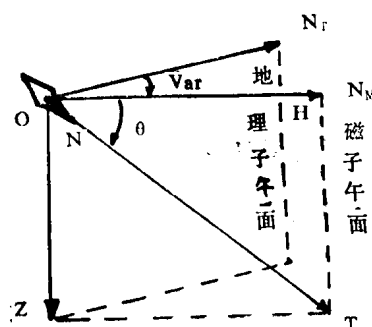


图 1—11

2. 磁倾角 θ

在地球上，自由悬挂的磁针与水平面之间所成的夹角，称为磁倾角，用 θ 表示。磁针北端下倾， θ 为“+”，磁针北端上倾， θ 为“-”。

在地磁极处， θ 为 90° ，在其它地区 θ 都小于 90° 。

地面上由磁倾角等于零的各点连接而成的曲线，叫做磁赤道，它是一不规则曲线。

磁赤道与地球的赤道是不一致的。在磁赤道以北的倾角都是正的，以南都是负的。由倾角值相等的各点所连成的曲线，称为磁纬度，磁纬度与地理纬度也是不一致的。

3. 地磁水平分力 H

地磁力 T 是沿着地磁磁力线在某点的切线方向作用的，它可以分为水平分力 H 和垂直分力 Z 。地磁水平分力使磁针北极指向磁北，磁罗经就是由此力作用而指向磁北的，可见地磁水平分力越大，磁罗经的指北力越大。而地磁垂直分力对罗经指向不起作用。

从以上可见，在磁赤道上， $\theta = 0^\circ$ ，地磁水平分力 H 最大，磁罗经指北力最大；而在极地附近， $\theta \approx 90^\circ$ ， H 很小，磁罗经由此失去指北力。

习 题 一

一、设A、B为两磁极，计算下列各题的A、B间相互作用力 F (设 $\mu = 1$)，并图示出 F 的指向：

1. A为北磁极，磁量 $m_A = +3$ ；B为北磁极， $m_B = +6$ ，A、B间距30厘米，求 F 。

2. $m_A = +10$ ； $m_B = -10$ ， $D_{A,B} = 20\text{cm}$ ，求 F 。

3. A为蓝磁极, B为蓝磁极, 磁量各为5, $D_{AB} = 10\text{cm}$, 求F。

二、均匀磁场具有什么特点?

三、求磁场强度H, 并指出H的方向。

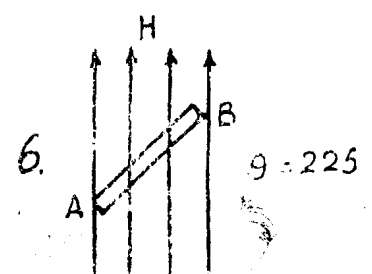
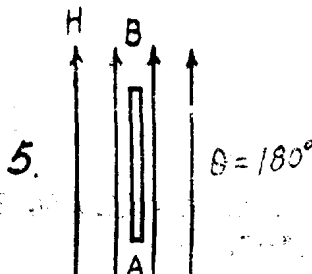
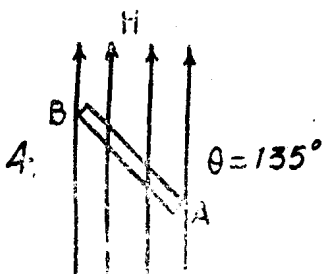
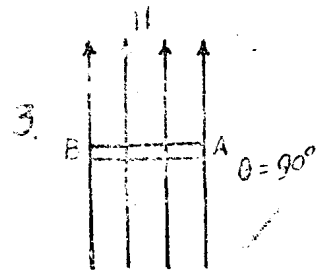
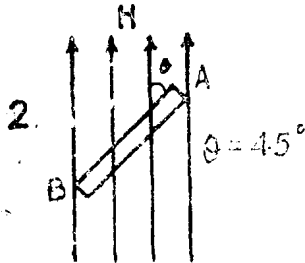
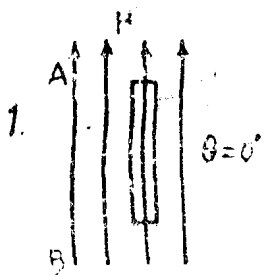
1. 有一磁量为10的红磁极, 在磁场中受到向北的磁力为4达因, 求该点处的H。

2. 有蓝磁极S, $m_s = 2$, 受到磁力 $F = 0.02$ 达因的作用向南移动, 求H。

3. 有一条形磁铁, 磁极间距为 $2l$, 一单位正磁极位于其中垂线距磁铁 d 处, 试作图标示出该磁极移动方向, 并计算出其受力的大小表达式。

4. 有一条形磁铁, 磁极间距为 18cm , 一单位正磁极位于其轴线蓝极侧延长线上, 且距蓝极 40cm , 已知磁铁的磁极的磁量为50, 求该单位正磁极的受力大小及方向。

四、设H为一均匀磁场, 且其强度为H, 请写出下列各条形铁所受磁化力的表达式, 并指出受磁化后的极性。(θ为条形铁与H的夹角)。



五、试述硬铁与软铁的磁化特性。

六、地磁三大要素是什么?

七、什么叫磁纬度?

八、设某地地磁强度为 $20\mu\text{T}$, 下倾角 $\theta = 30^\circ$, 求水平分力H及垂直分力Z的强度。

九、选择题

1. 设某磁针置于北磁极与地理北极之间的大圆连线上, 则磁针红端: (A) 指北向下倾; (B) 指南向下倾; (C) 指北向上倾; (D) 指南向上倾。

此处, 北、南系指地理北、南极。

2. 设测者位于北磁极与地理北极之间的大圆连线上, 则该地的磁差为: (A) 0° ; (B) 因时而异; (C) 180° ; (D) 因地而异。

3. 某均匀磁场方向水平向北, 有一条形软铁放入该磁场, 当条铁____水平放置时, 受磁化最强, 且其北端呈现为____极性。

- (A) 南北向, 红; (B) 东西向, 蓝;
(C) 南北向, 蓝; (D) 东西向, 红;

第二章 船用磁罗经及方位仪

第一节 磁罗经和方位圈

船用磁罗经是船舶在航行、锚泊和停泊中用以指示航向和测量物标与天体方位的重要指向仪器。由于磁罗经具有结构简单、使用方便、不易损坏、保管容易等许多陀螺罗经所不及的优点，所以在装有陀螺罗经的船舶上，磁罗经仍然是必不可少的指向仪器，它与陀螺罗经相辅相成，保证了指向的正确。

一、船用磁罗经分类

1. 按用途和安装位置分类为：

(1) 标准罗经：它是安装在露天驾驶台即罗经甲板的船首尾线上，并为水平视界最大之处，用以指示航向，观测方位及校正操舵罗经等。

(2) 操舵罗经：装在驾驶台操舵轮的正前方，并在船的首尾线上，供操舵时观测航向之用。

(3) 太平罗经：装在船尾太平舵（又称应急舵）前面的船首尾线上，供舵机失灵而用太平舵航行时观测航向用。

(4) 艇用罗经：救生艇上所用的小型液体罗经。

2. 按罗盆内所充的物质分类为：

(1) 液体罗经：罗经盆内装有液体，由于罗盘是浸在液体之中，所以稳定性强，目前已被广泛使用。

(2) 干罗经：罗经盆内是干的。这是一种比较陈旧的罗经，现已逐渐被液体罗经所代替。

3. 按磁罗经构造和形式分类

(1) 反射式磁罗经

在标准罗经上加设反射装置并通到驾驶台，以代替操舵罗经供操舵用。反射式磁罗经目前已被广泛采用。

(2) 立式磁罗经

(3) 台式磁罗经

(4) 可移式磁罗经

二、液体磁罗经的构造

一般船上使用的都是液体磁罗经，虽然液体罗经型号很多，在构造上也各有特点，但主要组成部分大体是相同的，一般可分为罗经盆与罗经柜两大部分。下面就具有代表性的国产190立式磁罗经作一介绍：

1. 罗经盆(图2—1)

罗经盆是磁罗经的指向部分，安放在罗经柜上部的减震装置和常平架上，以保证船在颠

震情况下，保持罗经盆水平与稳定。盆的内部密封，顶面为玻璃盖，玻璃盖与罗经盆连接处用橡皮垫圈密封。底部是用玻璃(或透光的毛玻璃)做的，为了降低重心，使罗盆稳定，底部用铅压重。

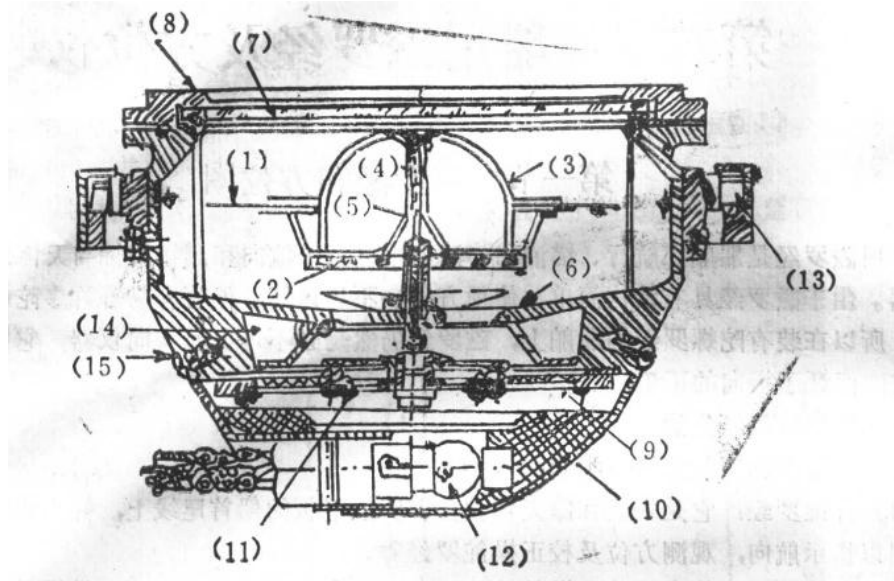


图 2—1

1. 罗经盘；2. 磁针；3. 浮室；4. 轴帽；5. 轴针；
6. 桥架；7. 玻璃盖；8. 舷角圈；9. 波状膜片；10. 压重；
11. 毛玻璃；12. 照明灯；13. 永平圈；14. 隔室；15. 液体注入孔

罗经盆中起指向作用的是罗经刻度盘，简称罗盘(图2—2)。罗盘正面刻有指示方向的度数和方向点。盘中央有一个半球形的空盆，称为浮室。它浸在液体中会产生浮力，以减轻罗盘的重量，罗盘背面在与盘的南北连线平行的方向上装有一组磁针，(磁针组轴线与南北线之间应严格平行，其误差不得超过 0.2°)。磁针数为偶数，一般有2—6根，且都用铜皮密封，以防锈蚀。在浮室的下部中央，装有一套防震的宝石轴承装置，又称轴帽。罗盆中央有一轴针，装在盆内横梁的中点，其尖端是用铌金或白金等硬金属做的。轴针顶住罗盘中央的宝石轴帽，这样，罗盘就可以灵活自由地转动而指方向。

磁罗经的大小称号是以罗盘的直径为标准的。例如平常称为190毫米或10吋或8吋等的各种罗经。

罗经盆可分上下两部分，称为上室与下室。上下室之间是由毛细管连通，盆体上室充满着罗经液体，盆体下室也装有罗经液体，但并不装满，而保留着一部分空气。当气温升高时，盆内的液体膨胀，上室液体通过毛细管扩张到下室，并使下室空气压缩，这样就使盆体不致于被胀裂。当气温下降时，液体收缩，上室出现空隙，被压缩的空气又把下室的液体通过毛细管压向上室，以避免上室出现气泡。

有的罗经盆不分上下两室，仅一室，但在盆底部装有波形膜片，以调节盆内液体温度升降而引起的体积变化。

在罗经盆上下室的边侧各有一个小孔，称为注液孔，可以从中注入液体，平时用注液螺丝钉旋紧密封。

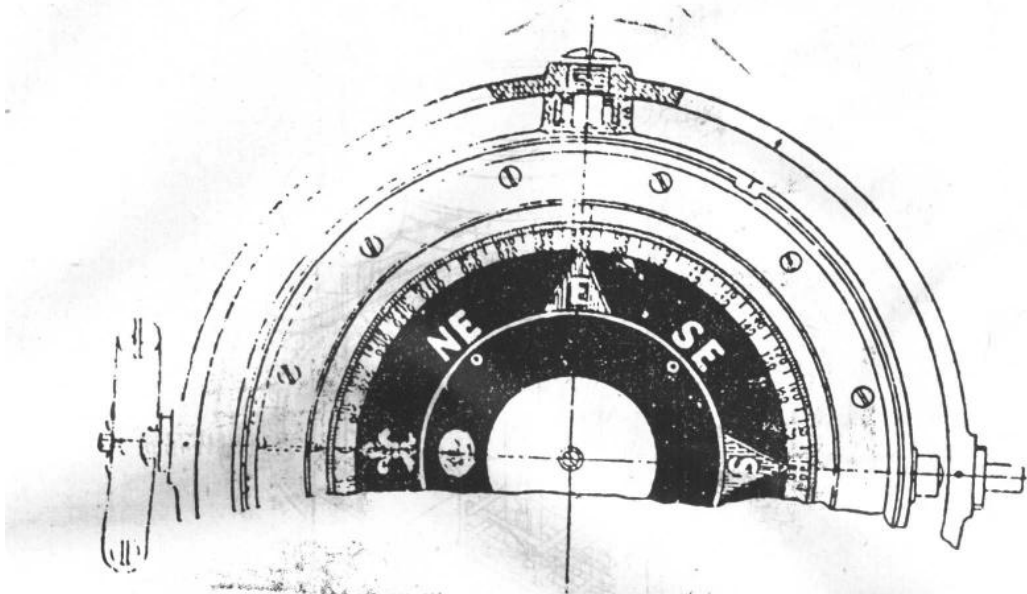


图 2-2

盆内所用的液体一般为酒精和蒸馏水的混合液。国产罗经其配方比例为45%饮用酒精和55%二次蒸馏水，因酒精冰点很低，这样液体在 -26°C 时仍不结冰。

在罗经盆内前后左右方向上各装有一根垂直金属线，直立于罗盘边缘附近，称为基线，用以表示船首、左右舷和船尾的方向。靠船首方向的，叫做船首基线，供读取航向之用。

2. 罗经柜

罗经柜(图2-3)有两个作用，一是放置罗经盆，二是放置消除自差用的磁铁和软铁。

罗经柜的型式很多，用料也不同，有的用铜、铝、木质等，但都是用非磁性材料制成的。

在罗经柜上部左右侧各放置一个软铁球，或者各放置一根软铁棒，或者各放置一个软铁片盆，这是用来消除部分自差用的。

在罗经柜的正前方装有一根直立圆筒，为放置消除部分自差的佛氏软铁柱之用。有的罗经只供航行于纬度变化不大的海区船舶使用，它的罗经柜上就没有这种装置。

在罗经柜内部，有放置纵、横磁棒的框架装置。在罗经柜中央的直立圆管中装有可上下自由升降的吊链，用以悬吊垂直磁棒，并可拉动铁链调节垂直磁棒与罗经盘的间距。

为了便于夜间使用罗经，有的罗经柜内有照明电灯和电气亮度控制器或亮度调整的设备。有的照明电灯就装在罗经盆的底部。

三、方位圈

方位圈(图2-4)是用无磁性材料制成的，它是一种装配在磁罗经的罗经盆上的附属设备，可以在罗盆上自由转动，供观测天体或物标的方位之用。

1. 方位圈的构造

方位圈底盘上刻有逆时针方向从 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 的刻度，供测舷角用。在 180° 处装有照门孔， 0° 处装有照准线。在照准架下面装有三棱镜和水平泡仪，照准架前面装有黑色反射镜，用以反射明亮的天体。 90° 和 270° 处装有反射镜和反光棱镜，用来观测太阳方位。还有两只握柄

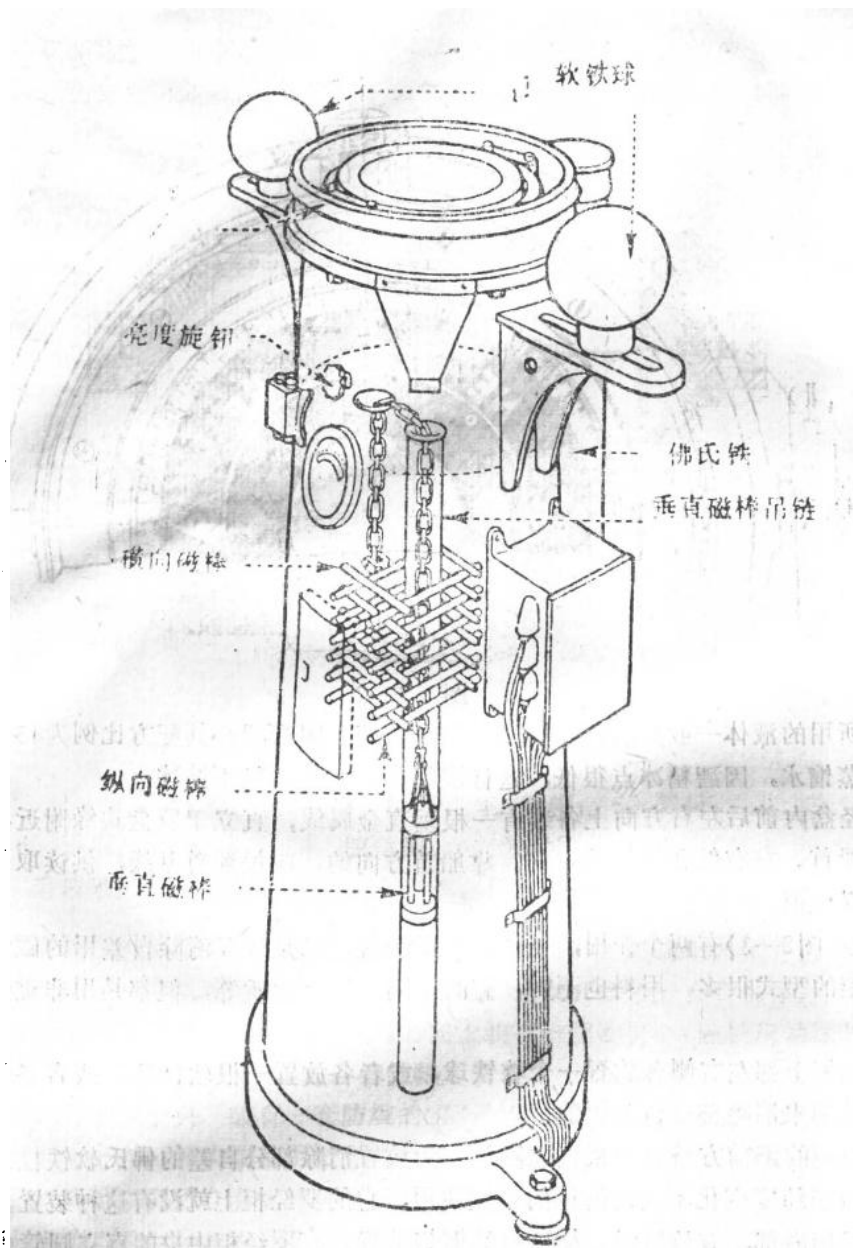


图 2—3

是专供转动方位圈时使用的。

2. 方位圈的使用方法

(1) 观测物标方位

观测物标方位时从照门孔通过照准线观测物标，当测者看到物标、照准线和照门孔三者在一一直线上时，即从照准架下的三棱镜中读出黑线所对的度数，就是该物标的罗经方位。使用时应注意在方位圈水平时进行观测。

(2) 观测物标舷角

观测方法同上，但看读数的地方不同，当物标对准后，罗经船首基线所对准的方位圈底盘上的刻度数，就是该物标的舷角。

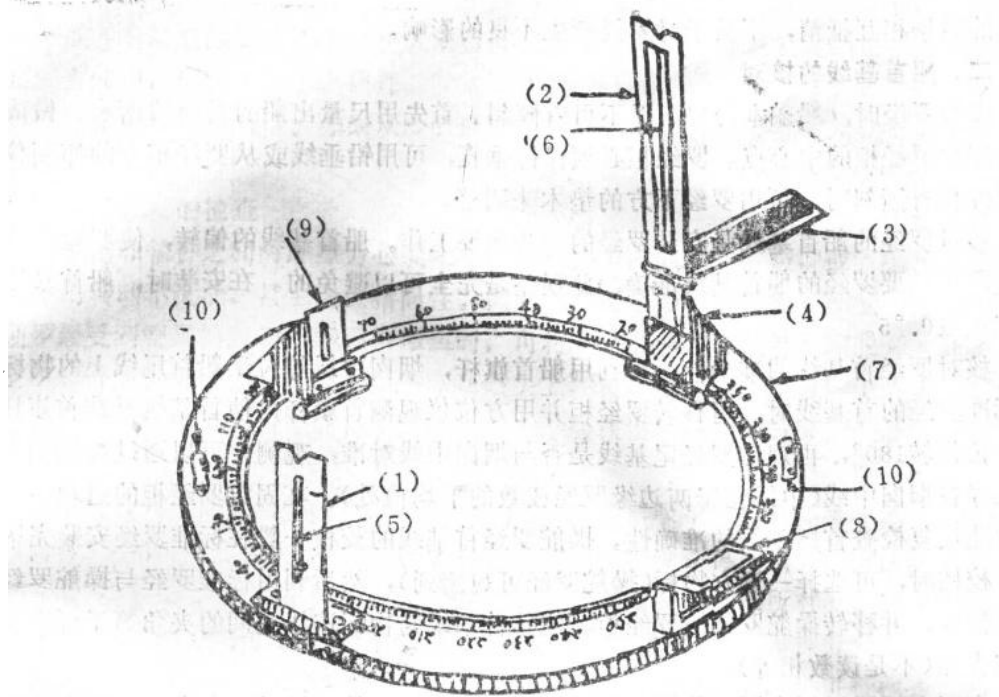


图 2—4

1. 照门; 2. 照准架; 3. 黑色反射镜; 4. 三棱镜; 5. 照门孔;
6. 照准线; 7. 底盘; 8. 反射镜; 9. 反光棱镜; 10. 握柄

(3) 观测天体方位

观测太阳方位, 应转动方位圈使反射镜对准太阳, 然后俯仰反射镜, 使太阳反射到反光棱镜中, 太阳光通过反光棱镜将在罗盘上出现一道很细的光线, 该光线所指的刻度就是太阳方位。测星或测月亮方位时则应转动方位圈, 使照门孔、照准线与黑色反射镜反射的天体成一直线后, 在照准架下棱镜中读出方位。

第二节 磁罗经的安装

一、安装位置的选择

罗经自差的产生是由于船磁的作用, 因此选择罗经的安装位置, 必须选择远离船磁影响的地点。同时, 在造船时也应尽量在罗经附近避免用磁性材料, 而应选用非磁性材料, 这样可使罗经的安装位置受船磁影响最小, 可以保持罗经在今后的使用上有良好的性能。

罗经还必须装在船的首尾线上(特殊构造的船例外), 使水平感应船磁在罗经两旁对罗经干扰力相等, 而直立的对称感应罗经两旁的影响正好相互抵消。

标准罗经应安装在驾驶台顶的露天甲板上, 使周围视线阻碍最小, 以便于观测方位, 同时避免磁性物质的影响。标准罗经所放置的甲板, 如是钢铁甲板, 则最好在甲板上搭一约一米高的木质罗经台。

操舵罗经装于驾驶台内部, 它的位置要便于舵工观看。因驾驶室不大, 所以室内的一切设备应尽可能选用非磁性材料建造。船上的电流多数是直流, 其电线应双股线并拢, 以使其