

电 航 仪 器



海 军 大 连 舰 艇 学 院

26

电 航 仪 器

主编 王明奎

海军大连舰艇学院

1997年2月·大连

电 航 仪 器

主编 王明奎

(大连市中山区解放路 667 号 邮编 116018)

海军大连舰艇学院印刷厂

780×1092 毫米 1/16 开本 字数 150 千

970420-1303-0019-064

定价:12.60 元

前 言

电航仪器这本教材是根据水面舰艇技术指挥专业航海仪器教学大纲的要求编写的。此书是通科教材,可供海军水面舰艇各级技术指挥人员使用和参考。

本书以新型主战舰艇的装备为典型,展望新型航海仪器的发展,主要介绍各种类型的航海仪器的基本原理和应用。全书共有七章,第一、二、三、四章由王明奎同志编写,第五、六、七章由李天伟同志编写。在编写与出版过程中,得到教研室全体同志的支持和帮助,在此向他们表示感谢。

由于掌握资料不全,理解也不够,书中不当之处敬请批评指正。

编者

一九九七年二月

目 录

第一章 磁罗经	1
第一节 指向原理和构造	1
第二节 磁罗经自差原理	5
第三节 罗经自差的测定与自差表	10
第四节 磁罗经自差的消除	11
第五节 罗经自差的变化	13
第六节 电磁自差介绍	14
第二章 陀螺罗经	16
第一节 陀螺仪及其特性	16
第二节 陀螺罗经指北原理概意	20
第三节 陀螺罗经误差	25
第四节 航海型陀螺罗经介绍	32
第五节 DH-Ⅱ型电控陀螺罗经	41
第三章 平台罗经	48
第一节 PL-Ⅰ型平台罗经	48
第二节 PL-Ⅱ型平台罗经	59
第四章 惯性导航系统	69
第一节 惯导系统基本工作原理	71
第二节 惯导系统介绍	74
第三节 惯导系统使用应注意的几个问题	77
第五章 回声测深仪	80
第一节 回声测深原理	80
第二节 SDH-1A 型测深仪	83
第三节 测量误差及外界条件对测深仪性能的影响	88
第六章 计程仪	91
第一节 概述	91
第二节 电磁计程仪	93
第三节 计程仪误差与校正	100
第四节 绝对计程仪	101
第七章 自动操舵仪	110
第一节 概述	110
第二节 PID 自动操舵基本原理	111
第三节 HD-5 型自动操舵仪	113
第四节 HD-6 型自动操舵仪	119

第一章 磁罗经

磁罗经是用来指示舰船航向并与方位圈配合测量目标方位和舷角的航海仪器。磁罗经具有构造简单、生命力强、维护保养简便、不使用电源,随时可用等优点,自古以来在航海事业上一直起着重要作用。当今的舰船是以陀螺罗经为主要指向仪器的。但是,磁罗经仍以它的优点与陀螺罗经取长补短,互相参照,所以磁罗经仍然是现代舰船必备的航海仪器之一。

磁罗经是由指南针改进而制成的。指南针是我国古代伟大发明之一。据公元1119年宋朝朱或所著的《萍州可谈》记载,当时的海船上“舟师识地理,夜则观星,昼则观日,阴晦观指南针”。这是世界上最早把指南针应用于航海事业的文字记录。大约在十二世纪,指南针传入欧洲,经过改进制成了现在使用的磁罗经。

第一节 指向原理和构造

一、指向原理

磁罗经的灵敏元件是磁针。用一根中心悬挂起来的磁针,静止时观察,其一端指北方向,另一端指示南方向。指北端称为北极,用红色或N标注。指南端称为南极,用蓝色或S标注。磁针所以能在地球上指示方向,是因为地球有磁性。北极附近地磁极性为S极性,称为地磁北极,南极附近地磁极性为N极性,称为地磁南极。磁针与地球磁场作用结果,磁针N极指示地球磁北极,磁针S极指示地球磁南极。地球的磁北极略偏西,磁南极略偏东,地球磁力线分布如图1.1.1所示。

地球磁场的强度用T表示。在磁罗经学中,“磁场强度”习惯上称为磁力,所以T就称为地磁力。T的方向就是磁力线的切线方向,T的大小在地球上各处是不同的。T与水平面之间的夹角,称为地磁倾角,用 θ 表示。 θ 为零处,称为磁赤道; θ 为 $\pm 90^\circ$ 处,称为地磁北极和地磁南极。为了便于分析,把地磁力分解为水平力H和垂直力Z,即

$$\text{地磁水平力} \quad H = T \cos \theta$$

$$\text{地磁垂直力} \quad Z = T \sin \theta$$

地磁水平力H是使磁针指北的力量,称为磁北力,H的方向就是磁北。磁北力在磁赤道处最强,磁南北极处为零,所以舰艇航行到高纬度区时磁罗经指向能力变弱,准确性较差。到地磁极附近磁罗经就不能工作了。

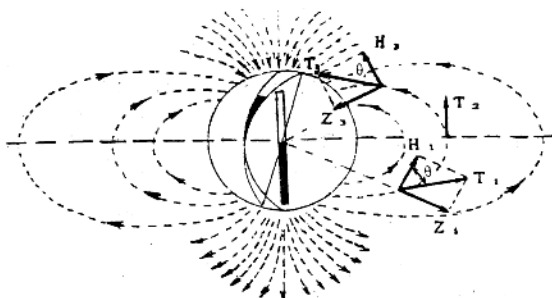


图 1.1.1

地磁垂直力 Z 会使磁针倾斜。在磁罗经中,已从结构上采取补偿措施,磁针不会产生明显的倾斜。

地球的磁北(Nm)与真北(N)不在同一方向,磁北与真北之夹角称为磁差(Var),磁北偏东磁差为正,偏西磁差为负,如图 1.1.2 所示。磁罗经指示磁北方向,因此注意磁差修正。磁差因时因地而异,各地磁差值及其年变化量,在海图上都有标注。

在舰船上磁罗经除了受地磁力的作用,还要受到舰船钢铁磁性的影响,使磁罗经指向偏离磁北方向,从而产生了误差,见图 1.1.2。磁罗经指示的方向称为罗经北,用 N_c 表示。罗经北 N_c 与磁北 N_m 之夹角即称为罗经自差,用 δ 或 Dev 表示。罗经北偏东自差为正,偏西为负。

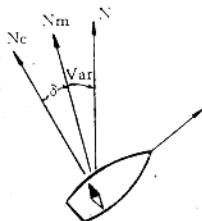


图 1.1.2

二、磁罗经构造

一套磁罗经应包括:罗经盆、罗经座、消除罗经自差用的磁铁与软铁以及方位圈等。以国产指南-Ⅱ型为例说明磁罗经的构造和使用。

(一)罗经盆

罗经盆中起指向作用的是罗经盘,简称罗盘。它由磁棒、刻度盘和浮室构成。在轴针的支承下可以自由转动,如图 1.1.3。刻度盘固定在浮室上面,刻有 $0^\circ-360^\circ$ 的刻度。磁棒固定在浮室的下面,其方向与刻度盘 $N(0^\circ)-S(180^\circ)$ 方向一致。浮室是一个半球形的空气盒,在注满液体的罗盆中,产生浮力,以减轻罗盘在轴针上的压力。浮室中央有防震的宝

石轴承装置,称为轴帽,轴针就顶在这里,如图 1.1.4。这样的结构使罗盘在轴针尖上转动时的摩擦力极小。

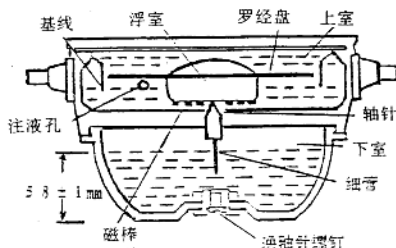


图 1.1.3

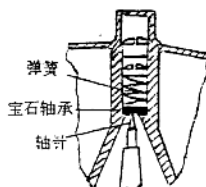


图 1.1.4

罗经盆体分上下两个腔室,中间有细管连通。上室充满液体,下室除液体外还有空气。环境温度高时,液体要膨胀,上室液体可通过细管进入下室。当温度降低时,下室液体将被空气压回上室。这样上室不至于出现气泡,又可避免罗经盆胀破。

罗经盆侧面,有一个液体注入孔。平时,孔是由螺钉旋紧密封的。当上室出现气泡时,可由此灌注液体将气泡排除。

罗经盆内的液体一般是由酒精与蒸馏水各半混合而成的。环境温度在 -30°C 以上时,该液体不会结冰。

盆体内壁上有标记线。船首方向的那条标记线,称为基线。基线所对准的罗盘刻度,就是舰艇的罗经航向。

盆体下部是用玻璃做的,罗经座内的照明灯可以透过玻璃照亮刻度盘。

(二) 方位圈

方位圈套在罗经盆上面,用来观测目标的方位和舷角,其结构见图 1.1.5。

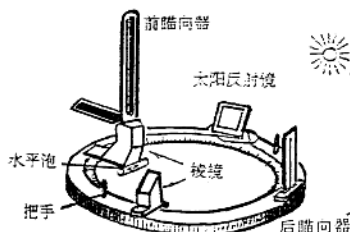


图 1.1.5

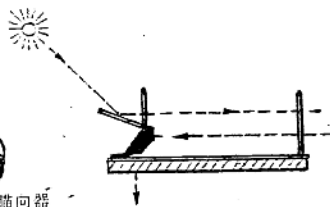


图 1.1.6

方位圈上有前后瞄向器。前瞄向器下部有一棱镜，从中可以看到罗盘的刻度。测取目标方位时，手扶把手平稳地转动方位圈，使后瞄向器的细缝、前瞄向器的细线与目标成一直线，此时棱镜中黑线对准的罗盘刻度，即为目标的罗经方位。

在前瞄向器上有一块可以俯仰的黑色玻璃片，供测定天体方位用，如图 1.1.6。

在瞄向器的垂直方向上，有一套专门测取太阳方位的反射装置，图 1.1.7。测太阳方位时，应把凹面镜对准太阳，此时入射的阳光被凹面镜会聚一条亮线；调节凹面镜的仰角，把亮线对准在棱镜架的细缝处，经棱镜折射到刻度盘上；在刻度盘上，亮线所示刻度即为太阳的罗经方位。

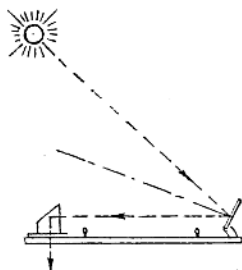


图 1.1.7

方位圈上有水准器。测方位时应把水泡放在中间位置，以保持罗盘水平，测读太阳等天体方位时尤为重要，否则产生较大的误差。

方位圈上还有舷角刻度。当瞄向器对准目标，罗盘基线所对应方位圈上的刻度，即为目标舷角。舷角以舰首方向为零度，顺时针方向从 $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ 计算。

(三) 罗经座

罗经座如图 1.1.8。其作用一是放置罗经盆，二是放置消除罗经自差用的磁铁与软铁。罗经座为非磁性材料制成，并有照明设备。

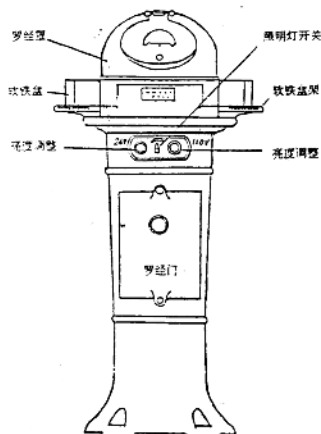


图 1.1.8

三、磁罗经使用注意事项

1. 读取航向及测量方位时，勿使罗经盆倾斜。罗盘在摆动时不能读取方位。

2. 测量方位时，应轻轻地把手方位圈向前推，防止左右间隙变动而产生误差。

3. 使用磁罗经者，身上不要带有铁磁物质。罗经周围不要任意增减铁磁物质。

4. 航行中要经常测定罗经自差并经常与陀螺罗经比对航向, 若发现两航向有较大变化时, 应及时查明原因。

第二节 磁罗经自差原理

磁罗经的自差是由舰铁磁性引起的。所以要了解舰铁磁性的形成及对磁罗经的影响。

一、舰铁磁性的形成

舰船都是钢铁组成, 舰铁会受地球磁场的磁化而获得磁性。按磁化后磁性的不同特点, 舰铁可分为硬铁和软铁两大类。

(一) 硬铁磁性

硬铁的特性是较难磁化, 一旦磁化后所获得的磁性就不易消失。舰船在建造时, 由于长期固定在某一方向, 在地球磁场的作用下, 使之舰船硬铁被磁化。舰船硬铁被磁化后, 极性相对舰船是固定的。若舰首磁化后极性为 N 极, 舰尾为 S 极, 航向改变时, 舰船硬铁磁性是不会改变的, 如图 1.2.1 所示。

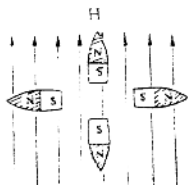


图 1.2.1

(二) 软铁磁性

软铁的特点是很容易被磁化, 外磁场改变时, 软铁磁性立即随之而改变, 外磁场为零时, 软铁磁性也就消失。图 1.2.2 为软铁被磁化的情况, 舰为北航向时, 舰首被磁化为 N 极性, 东航向时, 舰左舷被磁化为 N 极性。

舰船上, 所有钢铁的磁化情况, 都是上述两种特性的综合。一般钢材, 它表现出硬铁的磁化特性强一些; 而铸铁、铁基合金片, 它表现出软铁的磁化特性强一些。

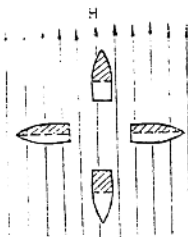


图 1.2.2

二、舰船上磁罗经受力分析

舰船上的磁罗经, 将受到地磁力和舰铁磁力的共同作用。

(一) 地磁力

舰船上磁罗经所受到的地磁力, 因受到钢铁舰壳的磁屏蔽作用而削弱。所以, 舰船上磁罗经所受到的地磁力不是 T , 将削弱一个小于 1 的 λ 倍数, 即 λT 。

$$\lambda T = \begin{cases} \lambda H = \lambda T \cos \theta \\ \lambda Z = \lambda T \sin \theta \end{cases}$$

λ 称为罗经系数。一般舰船上罗经系数 λ 的值为

指挥台上的磁罗经 $\lambda = 0.7 \sim 0.9$

舵房的驾驶磁罗经 $\lambda = 0.6 \sim 0.8$

若舰船上 λ 值小于 0.3, 这时舰上磁北力太小, 磁罗经无法正常工作了。

(二) 硬铁磁力

硬铁磁力, 即舰铁硬铁磁性对磁罗经的作用力。为便于分析, 把硬铁磁力分解为纵、横、垂直三个力, 用 F_B, F_C, F_Z 表示, 对某一舰船而言, 这三个力的大小和作用力的方向, 相对舰船是固定的。而对于磁北来说, 这三个力的方向是随舰船的航向和倾斜而变化的。

(三) 软铁磁力

舰船上的软铁可分为纵、横、垂直三种类型。纵、横软铁受地磁水平力 H 的磁化, 垂直软铁受地磁垂直力 Z 的磁化。软铁磁性对磁罗经的作用力也分为纵、横和垂直三个方向的力。

三、舰船磁性对罗经产生的自差

舰船上的磁罗经, 要受到地磁力、硬铁磁力和软铁磁力共同作用, 从而使磁罗经产生了自差。

(一) 自差公式

罗经自差是磁航向 MC 的连续的周期性函数, 可用富里哀级数展开为:

$$\delta = A + B \sin MC + C \cos MC + D \sin 2MC + E \cos 2MC \\ + F \sin 3MC + H \cos 3MC + \dots$$

若取前五项分析, 这样自差与航向的关系式可写成为:

$$\delta = A + B \sin MC + C \cos MC + D \sin 2MC + E \cos 2MC$$

其中 $A, B, C, D, E, \dots$, 在这里称为自差系数。

有时, 自差也用下式表达:

$$\delta = \delta_A + \delta_B + \delta_C + \delta_D + \delta_E$$

其中: $\delta_A = A, \delta_B = B \sin MC, \delta_C = C \cos MC, \delta_D = D \sin 2MC, \delta_E = E \cos 2MC$ 。

(二) 自差公式的意义

自差公式中各项都具有一定物理意义。式中各项自差是磁罗经受各种舰铁磁力的作用而产生的自差的表达式。通过对各项自差产生的原因, 性质和大小分析, 可加深对自差变化规律的理解并掌握消除罗经自差的方法。

1. 纵硬铁磁力产生半圆自差 δ_B

纵硬铁磁力 F_B 对罗经作用, 产生自差 $\delta_B = B \sin MC$ 。若某舰硬铁磁性如图 1.2.3 所示, 舰首为 S 极性, 舰尾为

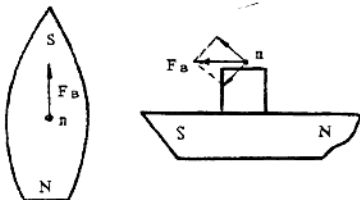


图 1.2.3

N 极性。磁罗经磁针北极用 n 表示。纵硬铁磁性对罗经 n 的作用力 F_N 是水平指向舰首方向, 而且大小固定不变。

图 1.2.4 是舰船在八个航向上 F_N 力对罗经作用的情况。罗经北所指示的方向, 是磁北力 λH 与纵硬铁磁力 F_N 的合力方向。由图中看出, 航向在磁北和磁南时 F_N 力对罗经不产生自差, 航向在磁东和磁西时, F_N 力对罗经产生最大的自差。由此自差的变化与航向的关系是一条正弦曲线, 即公式为:

$$\delta_B = B \sin MC$$

自差系数 B , 是在磁航向 90° 时的 δ_B 值。若 $\delta_B > 0$ 时, 则 $B > 0$, 反之, $\delta_B < 0$ 则 $B < 0$ 。如图所示航向在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 时, δ_B 为正, 航向在 $180^\circ \sim 360^\circ$ 时, δ_B 为负。 F_N 力产生的自差在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 航向中变换了二次自差符号, 所以称为半圆自差。若舰铁磁性改变 δ_B 的符号也随之相反。

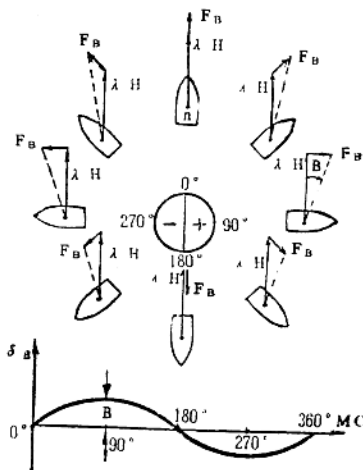


图 2.4

2. 横硬铁磁力产生半圆自差 δ_C

舰船上横硬铁磁力 F_C 对磁罗经作用, 产生半圆自差 $\delta_C = C \cos MC$ 。若某舰磁化后, 左舷为 N 极性, 右舷为 S 极性, F_C 对罗经作用力指向右舷。图 1.2.5 是八个航向 F_C 对罗经作用而产生 δ_C 。在磁北和磁南航向产生最大自差, 在磁东和磁西航向不产生自差。自差的变化与航向的关系是一条余弦曲线, 即为

$$\delta_c = C \cos MC$$

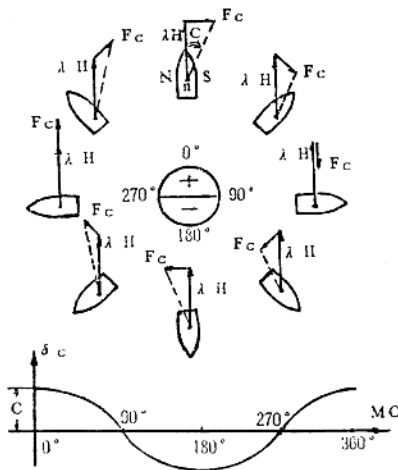


图 1.2.5

自差系数 C 是航向 0° 时的 δ_c 值。若在 0° 航向 $\delta_c > 0$ 时, 则 $C > 0$, 反之 $\delta_c < 0$, 则 $C < 0$ 。由于 F_c 力产生的自差在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 航向中, 变换了二次符号, 所以也称半圆自差。若舰铁磁性改变, 左舷为 S 极性, 右舷为 N 极性, 则 δ_c 的符号也随之改变。

在舰上, F_b 和 F_c 往往是很大的, 若不加以消除, 可能产生几十度的自差, 使罗经无法正常工作。

3. 对称软铁磁力产生象限自差 δ_o

舰船上对称的纵、横软铁磁力使罗经产生象限自差, $\delta_o = D \sin 2MC$ 。

图 1.2.6, 是对称横向软铁 e 受地磁水平力 H 磁化后, 对罗经作用的情况分析。在磁南磁北航向, 横软铁不被磁化, 罗经不产生自差。在磁东、西航向, 横软铁被磁化, 但是对罗经的作用力与 λH 同向, 亦不产生自差。所以在四个主航向上 $\delta_o = 0$ 。在其它航向上, 横软铁磁力对罗经作用产生自差。在四个隅点航向上产生最大自差。从图中看出, 自差的变化是一条正弦曲线, 在航向变化一周时, 自差的正负要变化四次, 所以称为象限自差。

图 1.2.7 是纵软铁 a 受地磁力 H 磁化以及它产生自差的情况。分析的方法与横软铁相同, 它所产生的自差与横软铁所产生的自差在性质上是相同的, 只是符号不同。

航向 45° 时的 δ_o 值为自差系数 D , 它是横向软铁 e 产生的象限自差系数 D_x 与纵向软

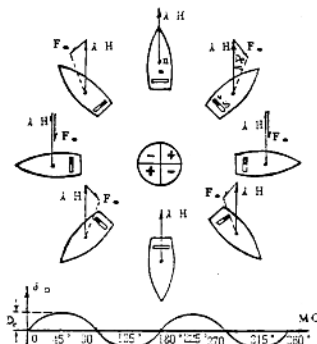


图 1.2.6

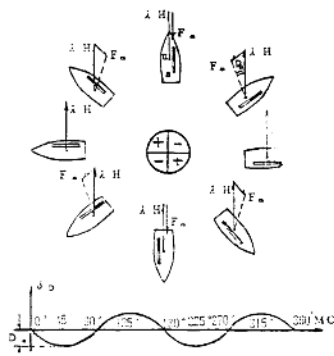


图 1.2.7

铁 a 产生的象限自差系数 D_x 的代数和, 即 $D = D_x + D_y$ 。在船上, $|D_x| > |D_y|$, 而 D_x 是正的 (见图 1.2.6), 所以纵横软铁综合对罗经的影响产生的象限自差 D 系数是正的。D 的量也比较大, 若不加以消除, δ_0 自差可能达到 10° 左右。

4. 非对称软铁磁力——产生固定自差 δ_A 和象限自差 δ_E

舰船除有对称软铁以外, 还有非对称软铁, 图 1.2.8 是在罗经右前方的软铁 d。非对称软铁 d 被磁化后, 对罗经产生作用力, 将产生固定自差 δ_A 和象限自差 δ_E 。分析的方法同上。固定自差 $\delta_A = A$, 即大小和符号是固定的, 不随航向和海区变化。象限自差 δ_E , 在东、西、南、北四个主点航向上产生最大自差。在四个隅点航向上 δ_E 自差为零, 是一条余弦曲线。在航向变化一周时, 自差正负符号要变化四次, 所以称为象限自差, $\delta_E = E \cos 2MC$ 。

由于舰艇上各种钢铁设备一般均为对称设置, 非对称软铁很少, 因此由此而产生的自差系数 A、E 也就很小, 一般在 1° 以下。

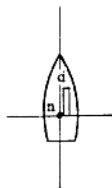


图 1.2.8

(三) 倾斜自差

舰船不水平时, 舰铁垂直磁力 F_z 对罗经作用, 产生了倾斜自差。如图 1.2.9 所示, 船体水平时, 罗经垂直方向所受的力是地磁力垂直分力 λZ 和舰铁垂直磁力 F_z , 作用力方向在垂直轴方向, 对罗经指向没有影响, 不产生自差。舰船倾斜时, F_z 力随之倾斜偏离垂直轴方向, 水平分力 $F_z \sin i$ 对罗经作用, 产生了倾斜自差。所以舰铁力 F_z 称为倾斜自差力。在舰船摇摆的条件下, 罗盘将随着 $F_z \sin i$ 的方向变换而摆动, 给使用带来很大不便, 所以倾斜自差要消除。

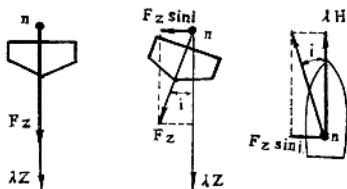


图 1.2.9

(四) 罗经自差综合讨论

根据前面罗经自差的分析,可以综合各自差的特点及性质,列表说明:

自差的名称	产生原因	与航向的关系	大小
B 自差或 δ_B	硬铁纵力	$\delta_B = B \sin MC$ (半圆)	很大
C 自差或 δ_C	硬铁横力	$\delta_C = C \cos MC$ (半圆)	很大
D 自差或 δ_D	纵横软铁力	$\delta_D = D \sin 2MC$ (象限)	较大
E 自差或 δ_E	不对称软铁力	$\delta_E = E \cos 2MC$ (象限)	很小
A 自差或 δ_A	不对称软铁力	$\delta_A = A$ (固定)	很小
倾斜自差	舰铁垂直力	随航向与摇摆方向而定	很大

第三节 罗经自差的测定与自差表

自差的消除和剩余自差表的求得,都要先测定自差。平时也应经常测定自差,检验自差表的可靠性。所以测定自差是日常航海工作的重要内容之一。

一、测定自差的方法

测定磁罗经自差,可以用测定目标(叠标、天体)的方位来求得,也可以用比对罗经(陀螺罗经或已知自差的磁罗经)的航向来求得。计算自差公式为:

$$\text{自差}(\delta) = \text{磁方位}(MB) - \text{罗经方位}(CB)$$

$$\text{自差}(\delta) = \text{磁航向}(MC) - \text{罗航向}(CC)$$

(一) 用叠标方位法测定自差

在某些海军基地和主要港口附近,有专门提供测定罗经自差的陆地叠标。这种叠标的

特点是：目标明显、方位准确，叠标的磁方位都标注在叠标图和海图上，只要测取叠标的罗经方位，罗经自差就可以求出。

(二)天体方位法测定自差

在远离海岸和岸上目标不利于观测时，可用天体来测定罗经自差。此方法不受时间和海区限制，在天文航海中有详细叙述。消测罗经自差，一般利用太阳磁方位。

在测定罗经自差前做好准备工作，由“太阳方位表”或“天体高度方位表”查取每隔2分钟的太阳磁方位，并列表备用。在消测时随时测定太阳的罗经方位，即可求出罗经自差。

利用太阳方位测定罗经自差时，太阳高度小于30°为好，并应保持罗经盆水平。

(三)用陀螺罗经航向比对测定自差

利用陀螺罗经航向比对求磁罗经自差，是比较方便、简单，不受天时海域的限制。比对应测出陀螺罗经差。

舰船在规定航向稳定后，即可进行航向比对，同时记下陀螺罗经航向和磁罗经航向，然后根据公式计算出罗经自差。

$$\text{罗经自差 } \delta = \text{GC} + \Delta\text{G} - \text{Var} - \text{CC}$$

式中：GC—陀螺罗经航向

CC—磁罗经航向

ΔG —陀螺罗经差

Var—磁差

二、制定自差表

罗经自差消除之后，自差 δ_a 、 δ_c 、 δ_b 已经减小了，但难以完全消除到零。同时，自差 δ_a 和 δ_e 没有消除，这些都构成了磁罗经的剩余自差。为了保证航行安全和需要，应制定磁罗经自差表。

磁罗经自差表计算有两种方法：一种是曲线法，测定出八个航向上的剩余自差后，把这八个自差值标到坐标纸上，并把这八个点用曲线连接起来，即得自差曲线。从自差曲线图上取出每隔10°航向的自差值，填写到自差表中，即可供航海使用。另一种方法是计算法，在预先制定的表格中进行计算，见附表“磁罗经自差记录及计算表”。测定八个航向自差后，由计算表计算出A、B、C、D、E五个自差系数，再根据这五个系数求出每隔10°航向的自差表。

第四节 磁罗经自差的消除

从罗经自差原理知道，半圆自差 δ_a 、 δ_c ，象限自差 δ_b 和倾斜自差都可能很大。若不消除，将影响罗经的正常使用，有时根本不能使用。固定自差 δ_a 和象限自差 δ_e 都很小，都不消除，归入剩余自差中。一般要求自差消除之后，各航向上的剩余自差应小于5°以下。

消除罗经自差的基本原理，是在罗经座的校正装置中，放置适当的磁铁和软铁以抵消舰壳磁性对罗经的影响。

一、半圆自差的消除

(一) δ_B 自差的消除

半圆自差 δ_B 是纵硬铁磁力 F_B 产生的, 在东、西磁航向上产生最大自差。消除方法如图 1.4.1 所示, 舰船在东、西磁航向上, 放置适当的纵磁铁, 抵消 F_B 力的作用, δ_B 自差就消除了。

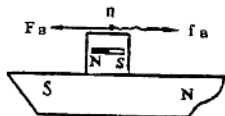


图 1.4.1

(二) δ_C 自差的消除

半圆自差 δ_C 是横硬铁磁力 F_C 产生的, 在南、北磁航向上产生最大的自差。消除方法如图 1.4.2 所示, 舰船在磁南、北航向上, 放置适当的横磁铁, 抵消 F_C 的作用, δ_C 自差就可以消除了。

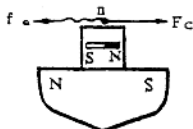


图 1.4.2

二、象限自差 δ_D 的消除

由自差原理知道, 象限自差 δ_D 是对称软铁磁力产生的, 在四个隅点磁航向上产生最大的自差。消除方法, 如图 1.4.3 所示, 舰船在隅点磁航向上, 在罗经两傍放置适当的软铁片或软铁球, 抵消舰铁软铁磁力对罗经的作用, δ_D 自差就可消除了。

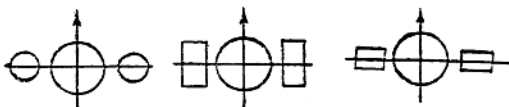


图 1.4.3

三、倾斜自差的消除

由自差原理知道, 倾斜自差是舰铁垂直磁力 F_Z 产生的。因此, 消除倾斜自差的原则, 就是在罗经座中间垂直方向, 放置适当垂直磁铁, 抵消 F_Z 的作用, 倾斜自差就可以消除了。一般由专业人员使用专用倾针仪消除倾斜自差。

四、消除罗经自差实施要点

(一) 确定磁航向

舰船消除罗经自差时, 要走磁航向, 怎样确定舰船磁航向? 有两种方法:

1. 用陀螺罗经走磁航向

陀螺罗经航向 = 磁航向 + 磁差 - 陀螺罗经差。

例: 磁差 = -7° , 陀螺罗经差 = $-1^\circ.0$, 欲走磁航向 90° 时, 陀螺罗经的航向应该是 84° 。即舰船的陀螺罗经航向为 84° 时, 这时舰船走的航向就是磁航向 90° 。