

GUIDE TO MAGNETIC
COMPASS ADJUSTMENT



磁罗经校正指南

黎煜坤 编

广州海运局科技处情报室

磁罗经校正指南

Guide To Magnetic Compass Adjustment

黎煜坤 编

广州海运局科技处情报室

编 者 的 话

随着航运事业的迅速发展，船舶数量日益增多，先进的导航仪器也日趋完善。目前不少船舶都装备了指向精度较高的陀螺罗经，但“磁罗经由于结构简单，可靠性强，仍然是最基本的导航仪器”。尤其是国内沿海的中小型货轮、客轮、拖轮、渔轮等没有配备陀螺罗经，唯一依靠的指向仪器只有磁罗经。因此，消除磁罗经自差，提高指向准确性，对这些船舶来说显得更为重要。然而，目前营运船舶的磁罗经普遍存在“三个缺乏”：

1、缺乏妥善管理。随着陀螺罗经的普遍使用，人们在不同程度上低估了磁罗经的作用，不少船舶管理不善，甚至个别船舶的驾驶员还放弃了管理。近年来尽管有所改善，但正规的管理仍须继续加强。

2、缺乏有实际经验的校正人。目前部分新船长和驾驶员，由于多方面的原因，对船舶磁罗经校正缺乏实践的经验，一旦指向仪器发生故障，将会出现迷失方向的严重后果，甚至会发生事故。

3、缺乏有参考价值的书籍。笔者曾在 300 余艘装有磁罗经的船上，竟看不到有实用价值的有关磁罗经校正方法的书籍，看到的仅仅是偏重于磁罗经自差理论的教科书。

“为保障船舶航行安全，经常保持磁罗经这一重要航行仪器的正确性，使磁罗经的作用得到发挥，自差的校正工作纳入正规，从而杜绝因磁罗经不正确而酿成海事的可能性”。交通部发

文规定：“自一九八五年一月一日起，不持有磁罗经校正师（员）证书，不得再从事磁罗经校正专业工作”。同时规定：“持有现行有效证书的本船船长和驾驶员，可为本船磁罗经消除和测定自差”〔（84）交水监字 1900 号文〕。

有鉴于此，笔者不顾浅陋，除了编著《船舶磁罗经校正》一书外，还编写本书。

《船舶磁罗经校正》与《船舶磁罗经校正指南》是不可分割的姐妹篇。《船舶磁罗经校正》偏重于磁罗经测定与校正新方法的探讨和实际应用；《磁罗经校正指南》则偏重于校正工作的常规做法，实际问题的处理以及常用资料的汇编。总的目的，是为新船长和驾驶员提供实用的校差经验、常规做法和有关资料。

本书的出版，希望对船舶部分船长和驾驶员独立地进行磁罗经校正能有所助益。但由于个人能力有限，书中疏漏之处自知难免，尚希前辈和同行不吝赐教。

我国磁罗经专家鄢天金教授对本书作了全面的审校。老船长何炳材、刘芳阳同志对本书部分章节作了审阅。广西壮族自治区黄国昭同志也为本书提供部分罗经校正场的资料。科技处刘巨欢、符源生同志对本书进行认真审改、编辑。在此，表示谢意。

黎煜坤

1992年3月28日

目 录

第一章 罗经校正和工作程序

- 一、自差力..... (1)
- 二、反自差力..... (3)
- 三、罗经校正的条件..... (4)
- 四、罗经校正的准备..... (5)
- 五、罗经校正的方法的比较和选择..... (6)
- 六、新船磁罗经校正程序和步骤..... (7)
- 七、旧船磁罗经校正程序和步骤..... (8)
- 八、校正口诀..... (9)
- 九、车舵口令..... (11)
- 十、罗经校正应注意的事项..... (12)
- 十一、剩余自差计算与罗经自差表制作..... (13)
- 十二、从自差表判断校正质量..... (18)

第二章 自差测定和计算公式

- 一、自差测定..... (19)
 - 1、利用叠标方位..... (19)
 - 2、利用天体方位..... (20)
 - 3、利用陀螺罗经比对航向..... (22)
 - 4、利用标准罗经与操舵罗经比对航向..... (25)
 - 5、利用哑罗经与操舵罗经比对航向..... (26)
 - 6、利用远距离单一物标方位..... (27)
 - 7、利用互测方位..... (28)

- 二、自差计算 (28)
- 三、使用和观测自差时的向位换算 (30)
- 四、使用方位圈测定目标方位时的注意事项 (33)

第三章 罗经可能出现的问题及其解决方法

- 一、消除基点自差为零，在其反航向又出现较大自差 (35)
- 二、消除东、西航向自差后，南、北航向自差又发生变化 (36)
- 三、消除基点自差很顺利，但消除象限自差变化很大 (37)
- 四、罗经出现次象限自差过大的校正方法 (38)
- 五、罗经北冻结在某个部位变动不大的处理方法 ... (41)
- 六、罗盘停滞在某个航向不动的处理方法 (42)
- 七、校正罗经过程中，罗经自差反常，毫无规律的解决方法 (43)
- 八、磁罗经或罗盘损坏，更新同型号的磁罗经或罗盘，无须重新校差 (44)
- 九、船舶遭受雷击后罗经自差变化的处理方法 (44)
- 十、矿砂船、集装箱船与滚装船罗经自差较大的处理方法 (45)

第四章 南方罗经校正场

- 一、南方沿海罗经校正场 (47)
 - 1、厦门港 (47)
 - 2、南澳岛 (48)
 - 3、汕头港 (49)
 - 4、海门港 (51)

5、上川岛	(52)
6、湛江港	(53)
7、龙门港	(54)
8、北海港	(55)
9、海口港	(56)
10、后水湾	(57)
11、榆林港	(58)
12、牙龙湾	(59)
二、珠江水道罗经校正场	(60)
1、黄埔作业区	(60)
2、赤沙	(61)
3、莲花山	(62)
4、虎门	(63)
5、蛇口港	(64)
6、桂山岛	(65)
7、银洲湖	(66)
8、崖门	(67)

第五章 磁罗经技术资料

一、磁罗经自差产生的原因和校正	(68)
二、罗经与周围铁件及电源的最小距离	(70)
三、国产磁罗经主要技术性能	(71)
四、LCL—190型磁罗经半周期	(74)
五、LCL、LCT—165型磁罗经半周期	(76)
六、国产磁罗经常用校正器规格	(78)
七、磁棒中心至罗盘中心的最小距离	(80)
八、校正磁棒的消差能量	(81)

九、CGY—165型象限自差的校正能量	(82)
十、软铁球的校正能量	(83)
十一、根据C值选择软铁柱的长度	(84)
十二、磁的基本概念(公式)	(85)
附表1 北极星方位角表	(88)
附表2 经度(λ)与经差($\Delta\lambda$)对照表	(91)
附表3 太阳赤纬度	(93)
附表4 时差表	(97)
附表5 我国沿海及长江沿岸主要港口地磁要素表	(101)
附表6 自差系数与航向正弦乘积表	(106)

第一章 罗经校正和工作程序

一、自 差 力

现代船舶多系钢铁构件组成,受地磁场磁化后具有磁性,谓之船磁。船磁有两类:一是永久船磁,它对罗经作用产生纵向力P,横向力Q和垂直力R,统称为硬铁力。二是感应船磁,它对罗经作用产生纵向力aX、bY、cZ;横向力dX、eY、fZ;垂直为gX、hY、kZ。统称为软铁力。当船正平时,罗经受到地磁和船磁的作用力共有15个,如图1和表1所示。

$$X' = X + aX + bY + cZ + P$$

$$Y' = Y + dX + eY + fZ + Q$$

$$Z' = Z + gX + hY + kZ + R$$

表 1

三种力	地 磁	感 应 船 磁			永 久 船 磁
		软 铁			硬 铁
		纵软铁	横软铁	垂直软铁	
纵 力	X	aX	bY	cZ	P
横 力	Y	dX	eY	fZ	Q
垂直力	Z	gX	hY	kZ	R

$$B'\lambda H = cZ + P, \quad B' = \frac{cZ + P}{\lambda H} \quad (\text{半圆自差});$$

$$C'\lambda H = fZ + Q, \quad C' = \frac{fZ + Q}{\lambda H} \approx \frac{Q}{\lambda H} \quad (\text{半圆自差});$$

$$D'\lambda H = \frac{a-e}{2}H, \quad D' = \frac{a-e}{2\lambda} \quad (\text{象限自差});$$

$$E'\lambda H = \frac{d+b}{2}H, \quad E' = \frac{d+b}{2\lambda} \approx 0 \quad (\text{象限自差});$$

$$J'\lambda H = R + (k-e)Z, \quad J' = \frac{R + (k-e)Z}{\lambda H} \quad (\text{横倾自差});$$

$$J''\lambda H = R + (k-a)Z, \quad J'' = \frac{R + (k-a)Z}{\lambda H} \quad (\text{纵倾自差}).$$

在这些自差中，半圆自差 B 和 C 最大；象限自差 D 和倾斜自差 J 较大；象限自差 E 和固定自差 A 很小。作用在罗经上的各自差力是很大的，其总和产生的自差有时竟达几十度。可见，船舶磁罗经若不定期进行校正，安全航行就得不到保证。

二、反自差力

自差力和地磁对磁罗经的共同作用，使罗经的磁针不是指向磁北，而是指向地磁磁力和船磁磁力的合力方向，这个方向称为罗北。磁针从磁北偏开而指向罗北，产生误差。这个误差是由船舶自身的船磁力所产生的，故谓之自差。通常所说“校正罗经”，其实就是消除自差。即人为造成一个其大小与自差力相等、方向相反的反自差力，让其互相抵消，自差就不存在了。具体一点，对由永久船磁产生的自差，用磁棒造成的人为反自差磁力来抵消：用纵向磁棒消除硬半圆自差 B；用横向磁棒消除硬半圆自差 C；用垂直磁棒消除倾斜自差 J。对由感应船磁产生的自差，用软铁造成的人为反自差磁力来抵消；用软铁片或软

铁球消除 a 杆软铁和 e 杆软铁产生的象限自差 D；用垂直软铁（佛氏铁）消除 C 杆软铁产生的软半圆自差 B_c。（由 f 杆软铁产生的软半圆自差 C_f 很小，不予消除）。至于象限自差 E 和固定自差 A，对于正确安装罗经的商船来说，其值甚小，故亦不予消除而留作剩余自差处理。

三、罗经校正的条件

船舶的状态不是永久不变的，而是随着船体钢铁构件情况和自然界各种磁化条件的改变而变化的。因此，属于下列条件之一者，必须校正磁罗经自差：

- 1、新船安装的罗经，或罗经移位后；
- 2、船舶进厂大修、中修、小修后；
- 3、船舶遭遇碰撞、搁浅、触礁、火灾、雷击或强电流影响后；
- 4、驾驶室周围进行过大面积的电焊，或拆换磁罗经附近的甲板和设备等；
- 5、船舶在某一固定航向上停泊超过一个月以上者；
- 6、船舶装载大量铁磁性货物运抵目的港后；
- 7、标准罗经剩余自差大于 $\pm 3^{\circ}.0$ ，操舵罗经剩余自差大于 $\pm 5^{\circ}.0$ 时；
- 8、在正常情况下，船舶每年应校正一次磁罗经自差。

四、罗经校正前的准备

为了使罗经校正工作能顺利进行，在校正前必须做好如下准备与检查工作。

1、磁罗经

- (1) 校对磁罗经的船首基线；
- (2) 消除罗盆内的气泡；
- (3) 检查罗盘的灵敏度；
- (4) 检查罗盘的摆动半周期；
- (5) 检查方位圈和方位镜是否正常。

2、校正器

- (1) 检查磁棒极性的颜色是否相符，数量是否齐全，有否生锈；
- (2) 检查佛氏棒（铁）是否准确位于罗盆的船首方向，是否带有固定磁性；
- (3) 检查软铁球和软铁片是否准确位于罗盆的正横方向，是否带有固定磁性。

3、船舶状态

- (1) 检查磁罗经与周围的磁性构件和电气设备之间的距离是否符合本“指南”技术资料 5—2 中最小允许距离的规定。
- (2) 检查船上可移动的设备，如吊杆、探照灯、自动舱盖等的位置是否处于正常航行状态。
- (3) 检查船体是否平正。

4、其他

- (1) 若计划利用天体校差，应预先编制好太阳磁方位表，若

使用可编程序计算器，则应预先输入初始数据：纬度、经度、赤纬、时差和磁差。

(2) 若异地校差，预先计划好消除自差的地点。选择好海图上合适的叠标并在草图上标出磁方位。掌握好该水域的水深、潮高及潮汐情况。

(3) 若计划与电罗经比对航向测定自差，则应检查陀螺罗经工作是否正常，测定陀罗差 Δg 。

(4) 上船前，用倾针仪在岸上测定地磁垂直分力 Z 。

(5) 上船后，查阅自差记录（自差表和自差簿），询问自差变化情况，以决定最佳校差方案。

五、罗经校正方法的比较和选择

目前，校正磁罗经自差一般都采用爱利法、一次法、显示角法和人为航向法。这四种校差方法，就其基本原理而言只有两种，一是通过测定自差来消除自差的方法，即爱利法和一次法。此两种消差法，均须依赖外界条件，如天体、迭标、单标或陀螺罗经（或标准罗经），以便测定自差。二是用测力磁铁或辅助磁铁测定各力在船轴上的分力，然后根据罗盘偏角的大小来消除自差的方法，即测力法的显示角法和人为航向法。

前两法准确、方便，容易掌握，因此航海界普遍采用。后两法精度稍低，在大型船舶上极少使用。这四种消差方法各有优缺点，使用时应扬长避短，视具体情况正确选择。

1、由显示角法的工作原理可知，当自差力 $B'\lambda H$ 、 $C'\lambda H$ 、 $D'\lambda H$ 很大时，其值无论正还是负，都会出现剩余角过大或过小的现象，其消差精度均较低。所以，新船在第一次校差时，就不

应使用显示角法而应使用爱利法消除罗经自差。

2、一艘新建造的船舶在试航前后，或在航船舶进坞修理，对船上设备进行过较大的改装或大面积更换钢板后，校正自差时，因不知系数 A、E 的大小，故不宜使用一次法而应采用爱利法校正罗经自差。

3、船舶长期停航后，或航行纬度变化 10 度以上而又无佛氏铁装置消除次半圆自差时，因系数 A、E、D 变化不大，可视情况选择上述四种消差法中的一种。条件许可，应尽量使用爱利法和一次法。只有在情况急需，才使用显示角法。

4、在没有迭标的海区，在阴雨天气或在没有陀螺罗经（或标准罗经）的船舶上，是无法使用爱利法和一次法，而只能使用测力法的显示角法和人为航向法。若使用显示角法，为提高消差精度，船上必须有两台罗经，以便于操船航行在预定的罗航向上。而人为航向法，对船舶保持反航向的准确性要求较高，故此法只能适用于调向方便的小船而不宜在大船上使用。

5、港内拖船、工作船、供应船、交通船和渔轮等小型船舶，除新船试航前后和在航船舶进厂坞修后需用爱利法外，其余均可使用一次法和人为航向法。

六、新船磁罗经校正程序和步骤

1、减少象限自差

将软铁球置于支架上的中间位置或放置 1 至 2 片软铁片于校正盒内（标准罗经 1 片，操舵罗经 2 片），再放在支架的中点位置。

2、近似消除次半圆自差

可参考同类型船舶佛氏棒放置的长度和数量。

3、消除倾斜自差

在东或西罗航向上,调整垂直磁棒使倾针仪磁针保持水平。

4、消除主半圆自差

在东航向,把自差消到 0,在南航向亦把自差消到 0,然后在航向西消一半,在航向北也消一半。

5、消除象限自差

在一偶点航向上把自差消到 0,在另一相邻偶点航向上把自差消一半。

6、固定校正器,测定 8 个主航向剩余自差。

七、旧船磁罗经校正程序和步骤

一般旧船软铁产生的自差均不大,象限自差经校正后几乎不变。船磁发生变化,主要是硬铁作用力 P 、 Q 和 R 。因此,常规自差校正,软铁部分不必再消除而留作剩余自差处理。旧船的校正程序和步骤也较为简单。

1、消除 J 系数

用倾针仪测定,用垂直磁棒调整,消除倾斜自差。

2、消除 B 、 C 系数

保留自差角 $A+E$,消去 C 系数,保留自差角 $A-E$,消除 B 系数(取上次自差表的 A 、 E)。

3、测定并计算剩余自差

对于在罗经附近的设备或船体进行大修的船舶,或出了事故(雷击、火灾、碰撞等)的船舶,还要在消除主半圆自差后再消除象限自差 D 。

八、校正口诀

在罗经校正过程中,为了不致于发生紊乱和弄错校正器,往往会利用“口诀”进行自差消除,以节省时间和方便校差。

常用的口诀:

1、校正基线误差(假A)

“上大顺旋,上小逆转”。

说明:“上大顺旋”是指从方位圈三棱镜所反映罗盘的度数若比船艏基线所标示的度数大的话,底座或平衡环就向顺时针方向移动。一般误差大于 1° ,则通过移动底座来调正;而小于 1° ,则可通过移动平衡环来解决。

2、校正半圆自差(B和C)

“东东上,西西上,东西下,西东下”。

说明:四组中的第一字表示磁棒红端所指的方向;第二字表示自差是偏东或是偏西;第三字表示磁棒移动的方向。

校正半圆自差还可采用如下口诀:

“指东,东上西下。

指西,东落西起。”

说明:

前两字表示磁棒红端所指的方向;

“东”或“西”表示罗经是东自差或是西自差;

“上下”或“起落”表示磁棒移动的方向。

3、校正象限自差(D)

“一三,东里西外。

二四,东拉西靠。”