

船員业务学习小丛书

磁罗经

大連海运学院航海系

船員业务学习小丛书编写组 編



人民交通出版社

目 錄

前言

第一篇 船用磁罗經及其自差測定和自差的計算

第一章 磁罗經	4
§ 1 船用磁罗經分类.....	4
§ 2 液体罗經的結構.....	5
§ 3 干罗經的結構.....	7
§ 4 液体罗經与干罗經的比較.....	9
§ 5 方位仪.....	10
§ 6 罗經位置的选择.....	12
§ 7 罗經的安装.....	12
§ 8 罗經的保管.....	13
§ 9 哑罗經.....	14
第二章 自差的測定	16
§ 10 自差的定义及其求法.....	16
§ 11 自差測定方法.....	17
第三章 自差表的計算	23
§ 12 有关自差表計算的說明.....	23
§ 13 五个自差系数的求法.....	24
§ 14 根据五个自差系数計算航行自差表.....	27
§ 15 航行自差表的填制.....	27

第二篇 船用磁罗經自差的簡明原理及其校正

第四章 磁的一般概念及地磁	32
§ 16 磁鉄、磁极、磁軸	32
§ 17 磁場、磁感应、磁障	33
§ 18 地磁	34
第五章 自差原理	37
§ 19 有关自差原理的四个实验	37
§ 20 船磁种类	40
§ 21 永久船磁	40
§ 22 感应船磁	42
§ 23 永久船磁分力对罗經的影响	43
§ 24 感应船磁分力对罗經的影响	45
§ 25 船正平时自差基本公式推导	54
§ 26 五个自差系数产生的原因及其性質	55
§ 27 傾斜自差	56
第六章 自差的消除	59
§ 28 概論	59
§ 29 自差消除前的准备及检查	60
§ 30 自差消除的程序	60
§ 31 象限自差系数消除方法	61
§ 32 C 杆消除的方法	62
§ 33 傾斜自差系数消除方法	62
§ 34 系数 B 的消除	65
§ 35 系数 C 的消除	65
§ 36 系数 D 的再消除	66
§ 37 总结	67

前 言

本書系大連海运学院航海系接受交通部海河总局及人事局的委託，組織部分教师和同学共同編写的，可以作为船員业务学习讀物。

由于時間匆迫，人力有限，以及我們在航海的理論和实际方面知識的不足，所以在編写过程中存在有缺点和錯誤之处在所难免，我們恳切希望讀者和航海界前輩多多給以指正。

大連海运学院航海系船員業務学习小叢書編寫組

1959年6月

第一篇 船用磁罗經及其自差

測定和自差的計算

第一章 磁 罗 經

磁罗經是完全依靠地磁的磁力作用而指出南北方向的。它是結構簡單而經濟的儀器，因此長期以來被船上所採用。

現在船上所用的磁罗經，仍和我們祖先所發明的磁罗經的原理一樣，不過在構造上比過去更科學了，人們已能明確的掌握其磁性規律，從而更有效的利用它。我們雖然是學習使用磁罗經的，但也需要懂得其一般構造原理。因此本書對磁罗經構造也作一簡單介紹。

§1 船用磁罗經分類

船用磁罗經按照安裝在船上的地點和使用的性質可分為：

- 1) 標準罗經——通常裝在露天駕駛台(頂台)的艏艙綫上，用以指示航向或觀測方位等。
- 2) 操舵罗經——裝在駕駛台內舵機前面，且在艏艙綫上，專供舵工操舵時觀測航向之用。
- 3) 太平罗經——它裝在艙部太平舵前艏艙綫上，專備舵機失靈而用太平舵時指示航向用。

船用磁罗經按其構造可分為：

- 1) 液體罗經——罗經盆內盛滿了液體，現在船上多裝配這

种罗經，因为它的刻度盘是浸在液体中，所以比千罗經要稳定。

2) 千罗經——罗經盆內不充液体的罗經，过去一般船上的标准罗經多采用千罗經，我們船队中也还有一些船用千罗經的。

§2 液体罗經的结构

各种液体罗經的结构尽管在型式上有些不同，但是主要的部分是相同的，其主要組成部分有罗經盆和罗經柜，现将两部分之结构分别叙述如下：

罗經盆的结构

罗經盆(图1)是罗經活动的地方，一般所說的罗經盆，其实是罗經盆本身和罗經身子两个部分的总称。

1) 罗經盆本身是用无磁性材料做成的，盆的頂部盖有气密(不透气)的玻璃盖，紧压在玻璃盖上的圓圈往往刻有度数，用以观测舷角，我們把它叫做舷角圈。罗經盆底部是由銅皮压成波浪式的膜片，与底部的边缘焊接在一起(成气密的)，該膜片是用来调节

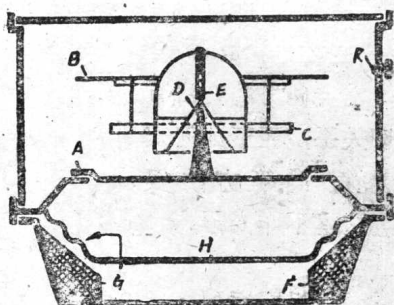


图 1

A-横梁；B-刻度盘；C-磁針；D-軸針；E-宝石；F-灌鉛部分；G-伸縮板；H-底面毛玻璃；K-螺絲。

盆內之液体由于溫度的上升或下降而膨胀或收縮用的。为了使罗盆稳定，其重心必須下降，故在盆的底部边缘灌注了鉛。为了往罗經盆灌注液体，在罗經盆的边側設有一个螺絲孔。在罗

盆的中心設有軸針座，同時羅經必須配有靈活的常平架以使羅經能夠經常地保持水平狀態。

羅經盆內充滿的液體，是由酒精和蒸餾水混合而成，在一般狀態下，常以45%酒精和55%蒸餾水配方，因為酒精的冰點很低，這種液體在 -26°C 時仍不結冰。有的羅經內充的是火油或其它防凍液。但總而言之，其目的是為了降低液體的冰點。應該提出注意的是：兩類不同的液體不可混合使用。

2) 羅經身子是由三部分組成的，即刻度盤、浮身及磁針。刻度盤及浮身均用無磁性材料製成。

羅經刻度盤是用雲母或其他無磁性材料做成的，它與一組磁鐵棒（兩根，四根或六根）一起裝在一個紫銅浮身上。磁鐵棒用銅皮密封，以防止因銹蝕而消失磁力，在浮身凹入部分內裝有一個寶石（青玉石、瑪瑙），用以減少身子與軸針間的阻力。

羅經示度是否準確，它與磁針的安排有密切關係，至於如何安排為宜，計算方法很長，這裡不作介紹。

羅經櫃的結構

羅經櫃（圖2）一方面用來放置羅經盆，另一方面用以放置消除用的磁鐵及消除用的軟鐵。它的種類也很多，但主要結構相同，現將其主要部分及用途說明如下：

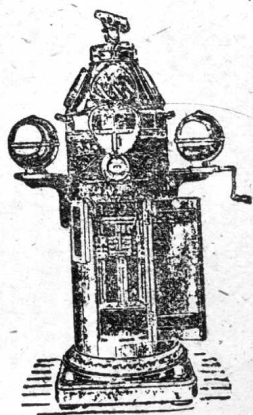


圖 2

1) 罗經柜上除消除器以外，都必須用无磁性材料构成。

2) 罗經柜的中上部左右两边各装由銅或鉄制的座臂一个，用以装置消除軟鉄球用，座臂的高低应使軟鉄球球心与罗經中的磁針軸綫在同一水平面上为准。

3) 罗經柜的上頂有一銅制圓錐形的且前后均有玻璃窗的罗經柜盖，它可在罗經柜上自由旋轉，其两边（或一边）各装油灯一盏，专供无电灯船或电灯损坏时照明用。

4) 在罗經柜的中央与罗經盆的正下方装有一垂直銅管，用以放置消除傾斜自差的磁鉄，消除磁鉄挂在吊鏈上，吊鏈可以上下拉动。

5) 在罗經柜的正前面装有一个直立的銅管，用以放置佛氏軟鉄柱用。

6) 在罗經柜的正后方装有傾斜仪，用以检查船体傾斜的情况。

7) 在罗經柜的中上部装有电灯，电灯之上罗經盆之下有一可調整灯光亮度的拉門。

8) 在罗經柜的下部縱橫方向各有許多水平孔，用以放置消除磁鉄用。有許多罗經柜現在采用可以上下活动的十字架来放置消除磁鉄。

§ 3 干罗經的结构

干罗經（图3）与液体罗經的区别，主要是罗經盆方面，至于罗經柜方面是完全相同的，现将干罗經盆的结构作一简单的说明：

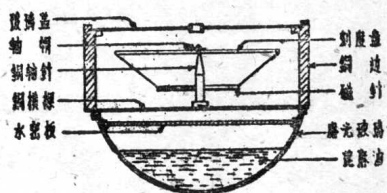


图 3

1) 現在常見的干罗經盆为直径10吋的，由于干罗經盆的重量是直接加到軸針上，因此在干罗經盆的结构上应設法減輕重

量，以便减少阻力。现将目前所用的干罗经盘结构要点简述如下：

罗经盘外圈是铝质圆环，轻而坚硬，轴帽在环的正中心，用32根丝线缚紧在环上，相邻两根丝线在轴帽中心成 $11\frac{1}{4}^{\circ}$ 角度即是一“点”。用质量非常轻薄的纸印成的刻度圈就贴在铝质的圆环和丝线上，为了避免纸的伸缩发生皱纹或破裂，于是将刻度圈剪开成32个开口（图4）。

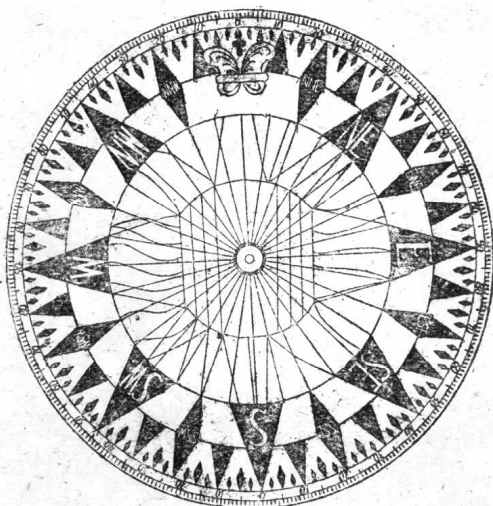


图 4

磁针组的中心应与刻度盘中心重合，磁针组各磁针的两端应位于同一圆周上。

2) 干罗经盘与液体罗经盘形状一样，上段是铜制的，盆底是磨光玻璃制成的，这样盆底下的灯光就可以透射到干罗经刻度盘上，盆内的空室装有部分蓖麻子油，当船体摇动时，由于蓖麻子油粘性好，比重大，增加罗经的稳定性。盆内有铜质横梁，梁的正中点上有垂直铜轴针，它的尖端为坚硬的钽金属，

非常尖銳，用以頂着羅經盤中心的軸帽，支持着整個羅經盤，使它能在水平面上自由轉動。接觸處僅是那麼細微的一點，摩擦力幾乎等於零，不致影響到羅經的敏感性。

羅經盆的頂部有一銅圈玻璃蓋，用螺絲旋緊在羅經盆上，保持水密。檢查羅經盤、磁針、軸帽、軸針時，可鬆開螺絲取下羅經盆蓋，然後進行檢查，檢查後必須將蓋旋緊。

在這裡特別提一下，船上如有兩個備用的干羅經，則保存時應上下疊放，上面一個的北向應對准下面一個的南向，其附近不可有電磁場存在，與天文鐘也應保持一公尺以上的距離。

§4 液体羅經与干羅經的比較

液体羅經的优点：

- 1) 船體搖擺時較為穩定，便於操舵及觀測方位；
- 2) 船體之震動對它影響較小。

液体羅經的缺点：

- 1) 敏感性低；
- 2) 液体的阻力及旋渦影響了它的準確性。（改良液体羅經大部分克服了这个缺点）；

3) 要防止羅經盆、浮身和磁針筒漏水。炎夏及寒冬要注意液体的漲縮，在高緯度的冬天往往要保持一定溫度，以防冰凍。

干羅經的优点：

- 1) 羅經盤輕，軸帽與軸針摩擦力小；
- 2) 羅經盤大，容易觀測，也較為準確；
- 3) 羅經盤在空氣中轉動，阻力小，敏感性大；
- 4) 無灌注液体、更換液体和消除氣泡之麻煩；
- 5) 炎夏及寒冬均無影響。

千罗經的缺点:

- 1) 船体搖摆时摆动不定, 給观测造成困难, 操舵更加困难;
- 2) 船体受机器及风浪震动时, 罗經盘也跟着摆动。

結論: 从千罗經和液体罗經的比較可以看出, 千罗經敏感性大, 但不穩定。液体罗經敏感性低, 但很穩定。罗經的稳定性对船舶來說是非常重要的, 所以多采用液体罗經, 近年来液体罗經又不断得到改良, 缺点也得到克服, 或尽可能地减少了其不良影响, 变得更为完善, 因此說, 液体罗經較优于千罗經。

§5 方位 仪

方位仪是装在罗盆上, 可以自由轉动, 用来观测天体或岸上物标方位的仪器, 一般可分为下列两种。

1) 方位鏡 (图 5) 方位鏡的构造是在銅質的座架上安装一

个可以旋轉的三稜鏡 *E*, 它能將罗盘上的刻度反射到鏡內, 另外还能將外来的物标折射到罗經盘上, 它是装在一斜的圓筒上, 圓筒內有放大鏡, 在下端有指針, 座架上裝有水准泡, 座架的中央有一个軸插在玻璃盖的中心, 这样可使方位鏡繞中心

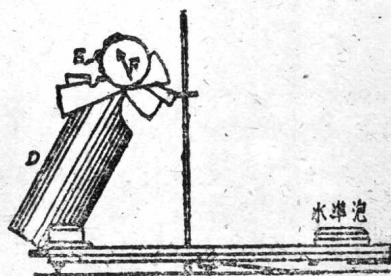


图 5

D-斜立圓筒; E-全反射三稜鏡; F-轉輪。

而自由旋轉, 軸的上面可以插上一根測針, 三稜鏡的軸端轉輪上刻有箭头。若箭头向下时可用以观测岸上物标方位。

观测岸上物标的方位的方法:

(1) 观测时先将稜鏡对准目标, 并使物标、稜鏡和視点

(眼睛)三者在一直接線上;

(2) 繼續瞄准物标, 同时以手轉动稜鏡軸端上的轉輪 (注意轉动的过程中必須保持箭头向下), 使罗經盘的刻度及圓筒下端的指針呈現于三稜鏡中, 并調整座架使指針、目标、視点和測針在一直接線上, 讀出指針所指的度数, 即为該物标的方位。

若箭头向上时可用以观测天体方位, 观测方法:

(1) 对准天体的大約的方位, 从圓管中观看罗經盘;

(2) 轉动稜鏡将天体的影子反射到罗經盘上, 对于光綫比較强的太阳可用色玻璃减弱光綫;

(3) 轉动座架使指针对准天体的影子, 讀出度数, 即为天体的方位。

方位鏡的检查方法: 检查方位鏡是否正确, 可选一高度合适的物标, 使箭头向上和向下各观测一次, 如果所测的方位相等时就是正确的, 否則須調整稜鏡的位置。

2) 方位圈 (图 6) 方位圈上装有照准仪一付, 照准仪的底座装有折射的稜鏡, 可把刻度盘上的度数折射到稜鏡上, 这样观测物标时非常方便, 照准仪的外面有一块黑色板 D, 其下角有軸可以自由放平和豎起, 这块板专供反射天体之用, 就应用上說方

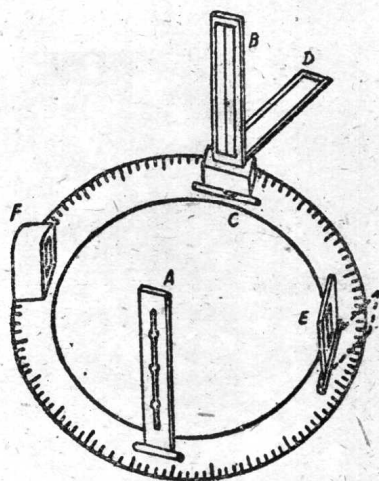


图 6

A-照門; B-照准綫; C-水准泡;
D-黑色板; E-反光鏡; F-折光稜鏡。

位圈是比方位鏡方便得多。有些方位圈上还加装有反射式照准仪（图6中的E及F所示）。

§6 罗經位置的选择

必須选择受船磁影响小的地方来安装罗經。罗經本身是靠磁針受地球磁場作用而指示方向，而船上的鉄質，也受地磁場的感应，产生磁性，称船磁，对磁針也有一定作用，使得罗經所指的方向不是磁北，因此我們需要选择受船磁影响小的地点。同时在造船的时候，也应尽量在罗經附近避免用磁性材料，而用非磁性材料。

标准罗經要安装在船的最上层，即露天甲板上，使四周視線阻碍最小，同时更要避免磁性物質影响。装时必須使罗經中心及艏基綫在船艏艉綫上，这样受船磁影响较均匀。

操舵罗經装在駕駛室中的艏艉綫上，罗經的位置要便于舵工观看，因駕駛室不大，所以一切設備应尽可能用非磁性材料建造。

§7 罗經的安装

安装罗經时，要注意以下各点：

- 1) 船要正平，不可有傾斜。
- 2) 罗經柜必須保持垂直，用鉛垂綫或傾斜仪測量，当有傾斜时，用罗經柜下方垫木来調整。
- 3) 先使罗經中心在船艏艉綫上，其次校正罗經的艏基綫使之和船艏艉綫重合。校正方法如下：

（1）标准罗經艏基綫的核对：我們平常均利用前桅杆中点和烟囱中点来核对（如船上用人字桅和龍門桅，則可以利用艏旗杆），当罗經柜中心置于船的艏艉綫上后，我們旋轉罗經

上的方位仪，使方位仪的照准面经过罗经中心和罗经艏基线，然后再保持罗经柜的中心不离开船艏艉线情况下，旋转罗经柜一直到桅杆中心也在这照准面上为止，最后把方位仪旋转 180° ，观看烟囱的中心是否也在这照准面上，作为校对。装时要反复核对，最后作上记号，把螺丝旋紧，装好后要再次核对，以免因旋螺丝而移动。

(2) 操舵罗经艏基线的核对方法：

1) 如果操舵罗经视线不被窗户框挡着，其核对方法同前，但向后看不到烟囱，不能用烟囱校对，因此准确性较差。

2) 如果视线被窗户框所挡，我们就可以选一个标准罗经和操舵罗经都能见到的远方物标，首先在标准罗经上测罗经艏基线和这远方物标夹角设为 θ° ，再在操舵罗经上观测此物标，转动罗经柜，使他的艏基线和此物标夹角也等于 θ° ，这样他的艏基线也就和船首尾线重合了。用这办法要在船紧靠码头上时进行，以免船首方向变动。

§8 罗经的保管

船上罗经为航海主要仪器之一，应经常注意保管。

注意事项：

1) 罗经如损坏可以换一个同规格的罗经，换了以后自差不会变动，但必须注意新换的罗经艏基线是否正确。

2) 应经常检查他的灵敏度及其周期（磁针摆动周期不能太快，但太慢也不好）。

3) 罗经盆中出现气泡必须及时消除，并尽可能找出气泡的形成原因。形成原因不外下面几种：

(1) 垫圈不良。

(2) 伸缩板或伸缩室破裂。

(3) 浮身破裂。

(4) 新罗經安装时空气未全部排出。

4) 应經常检查照明电綫的絕緣状态，和油灯情况。

5) 安装在露天甲板上的罗經，不用时应把罗經盖盖好，并罩上帆布套。

6) 船年修时，必須把罗經盆送罗經厂检修，同时要罗經厂派人，检查罗經柜的一切設備是否需要更换或修理，在运送罗經时要防止震动。

7) 罗經内外保持清洁。

8) 方位仪是否正确应經常检查。

9) 测方位时要保持罗經水平。测者身上不能帶有鉄器。

10) 在航行时要經常测定自差，当暴风雨閃电后更要注意自差的变化（过去曾有船在大閃电后，自差变化达四十度左右者）。

§9 哑 罗 經

观测目标的方位，自然是以用标准罗經上的方位仪来观测最为方便。但标准罗經均装在船之中央，往往会受到烟囱或其他建筑物的障碍，以致对所观测的物标方位在某些方向上无法观测，尤其是仅装有操舵罗經的船，观测物标之方位就更感困难。要解决这些困难应在駕駛台的两翼装置哑罗經。

哑罗經构造（图7）哑罗經全部由非磁性物質制成，刻度盘面与罗經相同，刻度盘套在一根垂直軸上，使他能在水平面自由轉动。垂直軸上有一个螺絲，旋紧后可将刻度盘固定。照准仪也套在垂直軸上，同刻度盘一样也能在水平面自由轉动。用另一个螺絲可将它固定。刻度盘套在一个圓圈上，称哑罗經外圈，圈上刻有前后基綫。

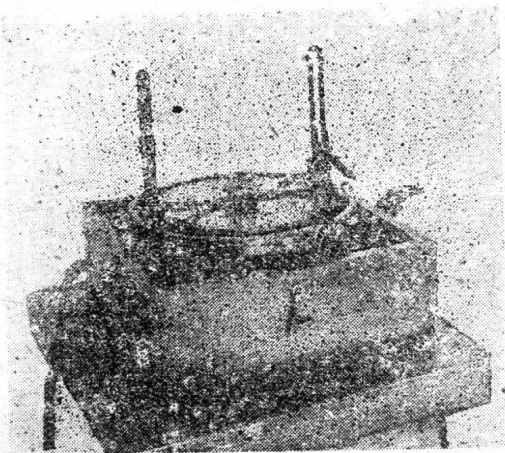


图 7

不論把哑罗經裝在船上什么地方，必須使哑罗經外圈上的前后基綫完全和船首尾綫平行。

安裝方法（图 8）在要裝哑罗經的地方作一个基綫，使他和船首尾綫平行，并在此基綫上的要安哑罗經的点 n 的前后两边各立二个垂直标杆 a 、 b 、 c 及 d （用垂綫代替也可）然后将哑罗經放在 n 点上，用哑罗經上的照准仪觀測 ab 杆，使哑罗經外圈上的前后基綫和 ab 成一直綫。再轉 180° 觀測前后基綫是不是也与 cd 成一直綫。如果是，这就說明，哑罗經外圈上的前后基綫，完全与船首尾綫平行，这样我們就可以把他固定起来，用来觀測方位。

使用方法 將哑罗經裝好后，松开照准仪的螺旋，使之轉动自如。將哑罗經刻度盘固定在罗經航向上，这时測得的目标方位就是罗經方位，如果將

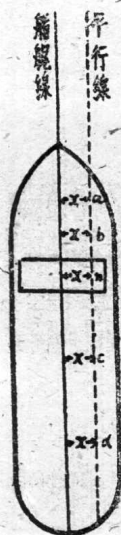


图 8

哑罗經的刻度盘固定在磁航向上或眞航向上，則測得的方位便是磁方位或眞方位。

有时因轉向較多，或其他原因，而不将哑罗經刻度盘固定在航向的方向上，而是把刻度盘的 0° 固定在船首基綫上，这样从哑罗經所測得的目标方位便是这目标的舷角，只要将舷角与觀測目标方位时的罗經航向相比；便得出这物标的罗經方位。用此法觀測方位，当觀測者喊“准备”时，舵工应严密注意航向，觀測者对好物标，一面讀度数，一面喊“好”，舵工听到“好”就报告当时的准确罗經航向，罗經航向加舷角即为該物标的罗經方位。

第二章 自差的測定

罗經自差对航行安全有直接关系，而且自差的量又是时刻在变化的，因此自差測定是一項非常重要而經常性的工作。海員們必須很好掌握它。

§ 10 自差的定义及其求法

海船上的罗經所以有自差，是由于海船多用鋼鉄制成，鋼鉄的船受地磁的影响要产生船磁，船磁作用于罗經，罗經就产生自差。

实际上，把从罗經上測得的某目标罗經方位与該目标的磁方位相比較，或将罗經航向与磁航向相比較，两者的差便是自差。

自差的数值与符号可根据下列的关系式求得：

$$\text{自差} = \text{磁方位 (或磁航向)} - \text{罗經方位 (或罗經航向)}$$

$$\text{磁方位 (或磁航向)} = \text{眞方位 (或眞航向)} - \text{磁差。}$$