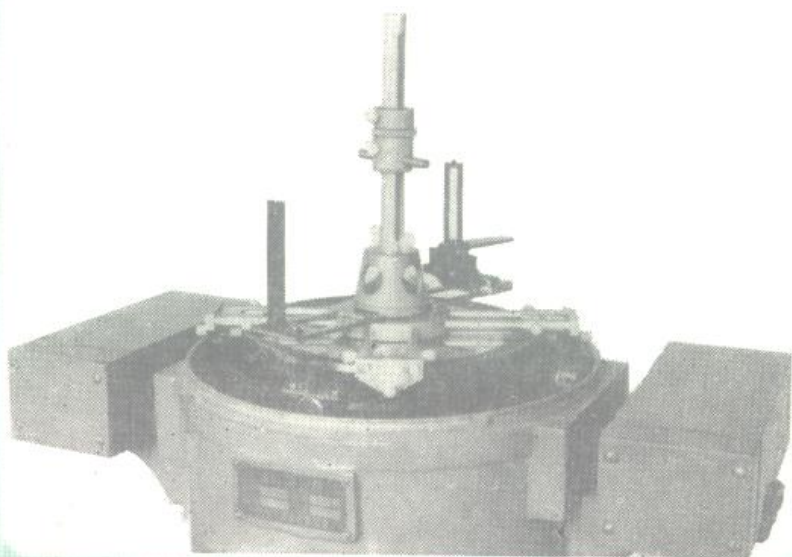


显示角法消除与测定 磁罗经自差

高承斌 著



人 民 交 通 出 版 社

显示角法消除与测定 磁罗经自差

高承斌 著

人 民 交 通 出 版 社

1983年·北京

内 容 提 要

显示角法消除与测定磁罗经自差,是作者经过长期刻苦钻研和教学实践而革新创造的一种磁罗经自差消除与测定的新方法。经过国内磁罗经方面的专家们鉴定认为:该方法经过一年多大量船艇上使用证明,原理成立、方法可行,并基本解决了“汤姆逊法”和“科隆格法”所未能解决的剩余自差的测定问题。丰富了测力理论,在方法上有新的特点与突破。具有一定的战备意义和经济价值。

本书所述内容即该科研成果的总结,其内容共分三篇,第一、二篇除对显示角法消除与测定自差的原理从物理概念上和数学推证上作了系统的论述外,并在测定与消除自差的具体步骤与方法上也作了全面介绍。第三篇则介绍另一种用显示角法在任一相反的航向上消除半圆自差的原理和方法。

本书对磁罗经研制、校正人员以及海、河船舶驾驶人员、航海专业师生均有参考价值。

显示角法消除与测定 磁罗经自差

高 承 斌 著

人民交通出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{2}$ 印张: 10.875 插页: 1 字数: 238千

1983年4月第1版

1983年4月第1版第1次印刷

印数: 0001—9,000册 定价: 1.70元

序

指南针是我国首创，也是我国首先把它用于航海。然而，长时间来航海界所采用的消除自差的主要方法，却来自例如英国的“爱利法”和苏联的“科隆格法”等。这些方法都有一定的局限性。原中国人民解放军总后勤部运输技术学校教员高承斌同志经过十二年的艰苦努力，革新创造了“显示角法”，并经过大量的实船检验，其自差消除精度符合航海要求。交通部、解放军总后勤部和中国航海学会曾共同组织全国性会议进行了鉴定，肯定了这一方法。确认从理论到方法都有若干新的特点和突破，在不少方面较现行方法为优，可与其它方法互为补充。此法操纵要领简明，易于掌握；所需的显示角仪结构简单、制造容易。这对我国航海实际有更大的作用和价值。

磁罗经自差的消除与测定的理论和方法长时间没有什么重大发展，虽然磁罗经在航海上的地位逐渐被陀螺罗经所代替而屈居第二位，但在今后相当长的年代里，它还不可能被淘汰，这是它本身具有的“不依靠外力而能独立工作”的特点所决定的；并且在设备比较简单的小型船舶上，磁罗经仍是主要航海指向仪器之一；“显示角法”提出的新方法，对磁罗经的使用，无疑会增加新的活力。

《显示角法消除与测定磁罗经自差》一书的出版，除了向广大船员、罗经校正师以及航海科研教学人员推荐这一新方法外，我们应该从中得到一个启发——一个为历史事实无数次证明的启发，即：在科学技术领域里，不要囿于习惯，

要有精益求精的志气。感谢高承斌同志用他的卓越实践，再一次为我们证实了这一启发，无疑这将激励航海科技工作者积极开辟新课题，研究新方法，使航海科技更上一层楼，以满足社会对航海的需要，为祖国四化作出贡献。

周启新

前 言

显示角法是在党的领导下和各级组织的关怀下，从实际需要出发，在爱利法和科隆格法的启发下，经过反复地实践，研究出的一种校正磁罗经自差的新方法。

显示角法的研究工作，开始于1966年初，完成于1978年3月。此后，相继在天津海河内对50吨登陆艇和在大沽锚地对1000吨、3000吨油船进行了实验，其效果良好，能满足航海应用的要求。后经在37艘不同类型和吨位的船艇上进行三百余船次推广、使用和检验，小型船在四级风以下、大型船在六级风以下，其偏航在 $\pm 0.5^\circ$ 以内，用显示角法消除半圆自差和象限自差后，其剩余自差均在 $\pm 1^\circ$ 以内；测定与计算的剩余自差的误差均在 $\pm 0.5^\circ$ 以内。在精度上满足了航海应用的要求。

显示角法在测定自差时，还不能求得固定自差系数A，但这是可以弥补的。因为对每条船来说，固定自差A只要经过一次准确地测定计算，则在以后测定自差中，就可直接查取A值，填入剩余自差表中，准确地计算出剩余自差。因此，这并不妨碍显示角法的实际应用。

在研究显示角法过程中和该书的出版中，得到了解放军总后勤部运输技术学校、天津航海学会、人民交通出版社、天津海洋石油勘探局等单位 and 周启新、左文渊、陈嘉震、江树德、李景森、鄢天金、郑仪璋、吴金荣、袁洪满、方志斌、朱立镛等同志的关怀和指导，以及任文生、刘玉宽等同志的热情帮助和支持，在此深表谢意。

由于水平所限，“显示角法”一定还存有不完善之处，恳切地希望广大读者批评指正。

作 者

目 录

第一篇 显示角法消除与测定

磁罗经自差的原理

概述.....	1
第一章 消除半圆与象限自差的原理和方法.....	4
§1 在罗经四个基点航向上消除半圆自差的原理.....	4
§2 在相互垂直的基点航向上消除象限自差的原理.....	16
第二章 测定磁罗经自差的原理.....	20
§1 显示角法的基本公式.....	20
§2 显示角法求自差系数的关系式.....	27
§3 自差系数计算表.....	30
第三章 显示角法的误差和准确性的分析.....	43
§1 显示角法的理论误差.....	43
§2 显示角法的偏航误差.....	48
§3 辅助磁铁力不垂直的误差和校正.....	51
§4 显示角法的感应误差.....	55
§5 显示角法的系统误差、偶然误差及均方误差.....	61
§6 关于固定自差 A 的测定与计算.....	63
第四章 显示角法的应用.....	64
§1 显示角法消除与测定自差的顺序和航向顺序.....	64
§2 显示角求剩余角换算表的制定与使用.....	65

§3 显示角仪的校正与使用.....	66
§4 借助操舵罗经保持船舶分别在主罗经的八个 主航向上较准确地航行的方法.....	67
第五章 先近似后准确消除半圆自差的原理和方法.....	68
§1 在岸上测定选定角 ($\delta_{y岸}$).....	69
§2 消除半圆自差的原理和方法.....	70

第二篇 显示角法的使用步骤

第一章 显示角仪.....	76
§1 显示角仪的构造原理.....	76
§2 显示角仪在国产190和165型罗经上的使用 步骤.....	81
§3 显示角仪在不同型号罗经上的使用步骤.....	83
第二章 显示角法消除与测定自差的步骤.....	84
§1 使用纵向磁铁消除半圆自差的步骤.....	84
§2 使用横向磁铁消除半圆自差的步骤.....	89
§3 使用软铁消除象限自差的步骤.....	92
§4 测定与计算剩余自差的步骤.....	97
第三章 先近似后准确地消除半圆自差的步骤.....	112
§1 使用纵向磁铁消除半圆自差的步骤.....	112
§2 使用横向磁铁消除半圆自差的步骤.....	116
第四章 显示角法消除与测定自差工作的几个有关 问题.....	120
§1 显示角法消除与测定自差的顺序.....	120
§2 有关消除自差与提高测定自差精度的措施.....	120
§3 关于固定自差 A 的处理.....	123
第五章 显示角求剩余角换算表.....	124

§1 使用说明	124
§2 制表范围的选择	124
§3 显示角求剩余角换算表	124

第三篇 显示角法在任意相反航向上

消除半圆自差的原理和方法

第一章 在任意相反航向上各力在船轴上投影力的方程	125
§1 各力在 X 轴与 Y 轴上投影力的方程	126
§2 推论	129
第二章 在任意相反航向上消除半圆自差的原理	130
§1 消除 $B'\lambda H$ 力和 $C'\lambda H$ 力的原理	131
§2 加辅助磁铁的时机和方法	139
第三章 在任意相反航向上消除半圆自差的操作步骤	147
§1 消除半圆自差的操作步骤	147
§2 加辅助磁铁的操作步骤	157
§3 加放显示磁铁与观察显示角的规律	164
§4 靠码头消除半圆自差中提高操作准确性的措施	166
附表 1 三角函数表(余切)	168
附表 2 三角函数表(正弦)	169
附表 3 自差系数与航向正弦乘积表	170
附录一 加放磁铁的规律与口诀	176
附录二 调整软铁的规律与口诀	176
附录三 显示角法消除自差的鉴定实例	176
附录四 显示角求剩余角换算表	188

第一篇 显示角法消除与测定 磁罗经自差的原理

概 述

显示角法是根据罗经自差基本原理中有关自差力的结论、罗经指向力基本公式、罗经自差基本公式和在科隆格(Колонг)法^①的启发下研究出来的一种消除与测定磁罗经自差的新方法。

科隆格法因为只能用在苏制130mm型的罗经上消除半圆自差,所以通用性差。又因用科隆格仪测量指向力时,是利用测量磁铁产生一个与指向力大小相等、方向相反的力($F_H = -H'$),从而造成罗盘的稳定性和测力的敏感性降低。致使用科隆格法消除象限自差和测定剩余自差的准确性,不能满足航海上的要求。

1960年大连海运学院许旺善教授对科隆格磁力测量仪进行了改革,设计了一个通用的“十一”式偏转仪。为克服科隆格磁力测量仪测力敏感性差的缺点,则将科隆格磁力测量仪上的测量磁铁转了 90° ,改成与罗经指向力相垂直;为克服科隆格法的通用性差的缺点,根据高斯第二位置,采取将标尺(或力标)刻度扩大到中部和上部,使“十一”偏转仪适用于各种类型罗经,能在任何港口用来消除半圆自差和象

^① 见人民交通出版社1962年版许旺善教授编著的《磁罗经自差学》,1980年版酆天金副教授编著的《磁罗经自差校正》。

限自差。

尽管“十一”偏转仪仍采用了标尺（或力标）测定指向力的方法，但“十一”偏转仪比科隆格磁力测量仪优越得多，是对科隆格磁力测量仪的一次重大的改革^①。

显示角法与科隆格法比较，则在测量与表示指向力的原理上不同；从而消除与测定自差的方法也不同。

科隆格法测量与表示罗经指向力 H' 的原理，是用科隆格磁力测量仪在罗经上方（高斯第二位置）平行于罗经指向力 H' 的方向，放一根北极向着 H' 方向的测量磁铁，测量磁铁产生一个与罗经指向力 H' 方向相反的作用力 F_H ，则科隆格法测量罗经指向力的关系式为：

$$F_H = \frac{M}{r_2^3} = -H'.$$

根据这一关系式，用测量磁铁与罗经磁针的距离 r_2 即可表示 H' 力的大小。科隆格磁力测量仪上的标尺（或力标）就是按 $\frac{1}{r_2^3}$ 的基本比例关系刻制出来的，用来测量水平力的大小。

显示角法测量与表示指向力的原理，是用显示角仪在罗经的上方（高斯第二位置）放一垂直于罗经指向力 H' 的辅助磁铁；辅助磁铁对罗经产生一个与罗经指向力相垂直的力 F_R ，使罗盘 0° 偏转与罗经基线形成一个夹角（称显示角） δ_R ，得出用显示角显示指向力的关系式为： $H' = F_R \operatorname{ctg} \delta_R$ 。

应用这一关系式，就可用显示角仪上的辅助磁铁测出显示角来表示指向力的大小。

科隆格法消除半圆自差，是用科隆格磁力测量仪，先在罗经南北航向上测出指向力（ H'_N 和 H'_S ），后在标尺（或力

① 见1960年《大连海运学院学报》第一次科学报告会选集之一（航海部分 I）许旺善教授发表的“十一”式偏转仪的构造及其应用。

标) 上取其平均值 $\left(\frac{H'_N + H'_S}{2} = \frac{\lambda H + D' \lambda H}{2} \right)$, 再用纵向磁铁把罗经指向力抵销到平均值, 达到消除自差力 $B' \lambda H$; 在罗经东西航向上, 用同样的方法, 先测出指向力 (H'_E 和 H'_W), 后在标尺 (或力标) 上取其平均值 $\left(\frac{H'_E + H'_W}{2} = \frac{\lambda H - D' \lambda H}{2} \right)$, 再用横向磁铁把指向力抵销到平均值, 达到消除自差力 $C' \lambda H$ 。这就是科隆格法消除半圆自差的原理。

显示角法消除半圆自差, 是用显示角仪, 先在罗经南、北航向上测出显示角 ($H'_N = F_R \operatorname{ctg} \delta_N$ 和 $H'_S = F_R \operatorname{ctg} \delta_S$), 以显示指向力 (H'_N 和 H'_S), 后取显示角的余切函数的平均值 $\left[-\frac{1}{2} (\operatorname{ctg} \delta_N + \operatorname{ctg} \delta_S) = \operatorname{ctg} \delta_L \right]$, 得出剩余角 δ_L 来显示指向

力的平均值 $\left(\frac{H'_N + H'_S}{2} = \frac{\lambda H + D' \lambda H}{2} \right)$, 再用纵向磁铁把显示角 (δ_R) 抵销到剩余角 (δ_L), 达到消除自差力 $B' \lambda H$; 在罗经东、西航向上, 用相同的方法, 先测出显示角 ($H'_E = F_R \operatorname{ctg} \delta_E$ 和 $H'_W = F_R \operatorname{ctg} \delta_W$), 显示指向力 (H'_E 和 H'_W), 后取显示角的余切函数平均值 $\left[-\frac{1}{2} (\operatorname{ctg} \delta_E + \operatorname{ctg} \delta_W) = \operatorname{ctg} \delta_L \right]$,

得出剩余角 δ_L 来显示指向力的平均值 $\left(\frac{H'_E + H'_W}{2} = \frac{\lambda H - D' \lambda H}{2} \right)$, 再用横向磁铁把显示角 (δ_R) 抵销到剩余角 (δ_L), 达到消除自差力 $C' \lambda H$ 。这就是显示角法消除半圆自差的原理。

显示角法不但能够消除半圆自差, 还能消除象限自差和测定计算出剩余自差。由于本方法在消除与测定自差的过程

中都是采用辅助磁铁与罗经指向力相垂直，故罗盘 0° 在辅助磁铁力与罗经指向力的矢量和($\vec{F}_p + \vec{H}_s$)力作用下稳定的指向，促使罗盘 0° 与罗经基线之间，以角度的大小准确地显示自差力和罗经指向力的大小，用以达到消除与测定自差的目的。因此，显示角法具有操作简便，容易掌握和比较准确的特点。应用时只需使船较准确地保持在罗经八个主航向上即可进行自差的消除与测定工作。

显示角法消除自差与测定自差（在确知 A 或 A 小于 $\pm 0.2^\circ$ 时，设 $A = 0$ ）的准确性经大量的实践证明能满足航海的要求。

第一章 消除半圆与象限 自差的原理和方法

§1 在罗经四个基点航向上消除半圆自差的原理

根据罗经自差基本原理中有关自差力的结论，船正平时，作用于罗经的力有指北力 λH 与自差力 $A'\lambda H$ 、 $B'\lambda H$ 、 $C'\lambda H$ 、 $D'\lambda H$ 和 $E'\lambda H$ 。即：

λH ——船上罗经的指北力；

$A'\lambda H$ ——固定自差力（使罗经产生固定自差）；

$B'\lambda H$ ——半圆自差力（使罗经产生半圆自差）；

$C'\lambda H$ ——半圆自差力（使罗经产生半圆自差）；

$D'\lambda H$ ——象限自差力（使罗经产生象限自差）；

$E'\lambda H$ ——次象限自差力（使罗经产生次象限自差）。

有关自差力的结论如表1-1。

表1-1

作用力	作用方向		系数	产生的原因	大小比较
	正力	负力			
$\lambda H = \left(1 + \frac{a+e}{2}\right) H$	0°	—	$\lambda = 1 + \frac{a+e}{2}$	地磁及 a、e 软铁	最 ($\lambda < 1, \lambda H < H$)
$A'\lambda H = \frac{d-b}{2} H$	90°	270°	$A' = \frac{d-b}{2\lambda}$	d、b 软铁	很 (产生自差约 0.0~0.5°)
$B'\lambda H = cz + P$	Hc	Hc ± 180°	$B' = \frac{cz+P}{\lambda H}$	硬铁及 c 软铁	很 (产生最大自差 可达 50° 以上)
$C'\lambda H = fz + Q$	Hc ^① + 90°	Hc - 90°	$C' = \frac{fz+Q}{\lambda H}$	硬铁及 f 软铁	很 (产生最大自差 可达 50° 以上)
$D'\lambda H = \frac{a-e}{2} H$	2Hc	2Hc ± 180°	$D' = \frac{a-e}{2\lambda}$	a、e 软铁	较 (产生最大自差 约 3~10°)
$E'\lambda H = \frac{d+b}{2} H$	2Hc + 90°	2Hc - 90°	$E' = \frac{d+b}{2\lambda}$	d、b 软铁	很 (产生最大自差 约 0.0~0.5°)

① Hc——磁航向。

因装在船首尾线上的罗经, $A'\lambda H$ 和 $E'\lambda H$ 力都很小, 则以下的论证均设 $A'\lambda H = 0$, $E'\lambda H = 0$, 其余各自差力均为正。

根据公式:

$$\text{自差 } (\Delta Z) = \text{磁北 } (N_C) - \text{罗北 } (N_L)$$

$$\text{磁航向 } (H_C) = \text{罗航向 } (H_L) \begin{matrix} + \text{东} \\ - \text{西} \end{matrix} \text{自差}$$

一、消除 $B'\lambda H$ 力的原理和方法

1. 船在罗经 0° 航向上

各力对罗经的作用如图1-1所示, 这时产生的东自差 ΔZ_N 。

各力对罗经的作用方向

$$\lambda H \text{——磁北 } (N_C)$$

$$B'\lambda H \text{——} H_C = \Delta Z_N$$

$$C'\lambda H \text{——} H_C + 90^\circ = \Delta Z_N + 90^\circ$$

$$D'\lambda H \text{——} 2H_C = 2\Delta Z_N$$

各力在罗经北方向上的投影力 (罗经指向力) 为

$$H'_N = \lambda H \cos \Delta Z_N + D'\lambda H \cos \Delta Z_N + B'\lambda H$$

式中: H'_N ——船在罗经 0° 航向时罗经指向力;

λH ——船上罗经的指北力;

$D'\lambda H$ ——象限自差力;

$B'\lambda H$ ——半圆自差力;

ΔZ_N ——船在罗经 0° 航向时罗经自差。

各力在与罗北垂直方向上的投影力为

$$\lambda H \sin \Delta Z_N = C'\lambda H + D'\lambda H \sin \Delta Z_N \quad (1-1)$$

如图1-2所示。加上辅助磁铁并与罗北垂直, 且使罗盘 0° 与罗经首基线成 δ_y 角, 这时辅助磁铁产生的力为 F_R , 则:

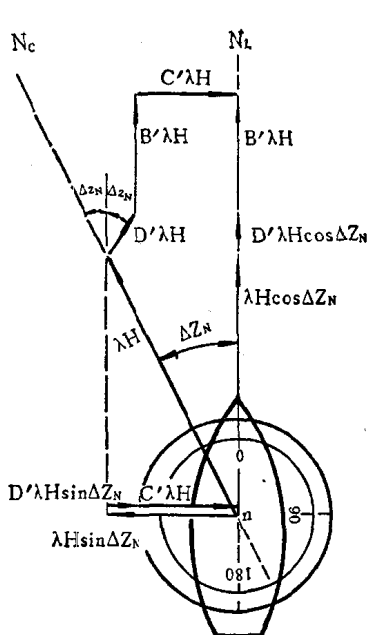


图 1-1

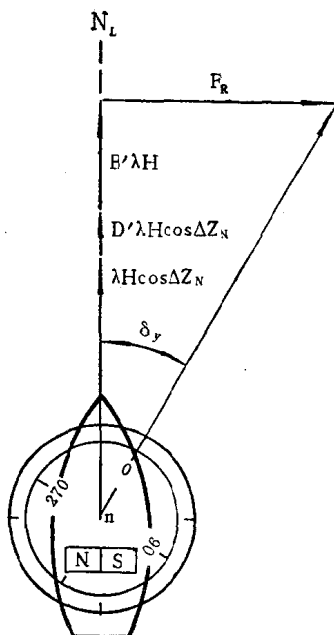


图 1-2

$$\operatorname{ctg} \delta_y = \frac{\lambda H \cos \Delta Z_N + D' \lambda H \cos \Delta Z_N + B' \lambda H}{F_R} \quad (1-2)$$

记下辅助磁铁的位置和北极方向，取下辅助磁铁。

2. 船在罗经180°航向上

各力对罗经的作用如图 1-3 所示，这时产生西自差 ΔZ_{so} 。

各力对罗经的作用方向

λH ——磁北 (N_C)

$B' \lambda H$ —— $H_C = 180^\circ - \Delta Z_s$

$C' \lambda H$ —— $H_C + 90^\circ = 270^\circ - \Delta Z_s$

$D' \lambda H$ —— $2H_C = 360^\circ - 2\Delta Z_s$