

中等專業學校試用教材

航海学

第二冊

集美航海學校編



人民交通出版社

中等專業學校試用教材

航海學

第二冊

(海船駕駛專業用)

集美航海學校 編

人民交通出版社

中等专业学校試用教材
航 海 学

第二册

集美航海学校編

*

人 民 交 通 出 版 社 出 版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版业營業許可証出字第〇〇六号

新华书店北京发行所发行 全国新华书店經售

人 民 交 通 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

*

1961年9月北京第一版 1962年2月北京第二次印刷

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張: 6 $\frac{1}{2}$ 張 插頁5

全書: 149,000 字 印数: 1,451—3,050册

統一書号: 15044·5283

定价(10): 1.00元



中
等
专
业
学
校
試
用
教
材

航
海
学

第
二
册

通
史
版
社

目 录

第三篇 船舶航跡推算

第十章 航跡繪算法——海图作业	5
§ 10-1 关于航跡推算的定义	5
§ 10-2 在无风无流的情况下的推算船位及其准确度	7
§ 10-3 有水流时的推算船位	10
§ 10-4 水流計算中的誤差	14
§ 10-5 风压差的性質及其測定方法	17
§ 10-6 船舶在风压力作用下的偏蕩現象与风流合压差的測定	22
§ 10-7 旋迴圈	28
§ 10-8 航跡繪算海图作业举例	37
第十一章 航跡計算	40
§ 11-1 航跡計算的基本方程	40
§ 11-2 航跡計算方法举例	48

第四篇 陆标定位法

第十二章 利用物标的水平夹角和方位測定船位	60
§ 12-1 利用水平夹角測定船位	60
§ 12-2 利用水平夹角測定船位的准确度	64
§ 12-3 利用物标的方位測定船位	68

§ 12-4	物标的观测程序对船位准确度的影响	76
第十三章 利用距离测定船位		78
§ 13-1	利用物标的垂直角求距离	78
§ 13-2	利用垂直角求距离方法的精确度	80
§ 13-3	利用距离求船位的准确度	84
第十四章 利用移线法测定船位		90
§ 14-1	方位移线定位法	90
§ 14-2	利用方位移线法测定船位的准确度	93
§ 14-3	方位移线法的特例	95
§ 14-4	方位移线定位倍角法中水流的影响	97
§ 14-5	水平夹角移线定位法	100
§ 14-6	距离移线定位法	101
§ 14-7	综合定位法	102

第五篇 利用无线电助航仪 器测定船位

第十五章 利用无线电测向仪在海上测定船位		106
§ 15-1	耳听式测向仪的组成部分及环状天线的 方向特性	107
§ 15-2	无线电测向的准确度	110
§ 15-3	无线电自差的测定方法	111
§ 15-4	大圆改正量	118
§ 15-5	恒位线	123
§ 15-6	在渐长海图上绘画无线电方位线的方法	125
§ 15-7	利用无线电测向仪测定船位	130
§ 15-8	各种测定船位方法的海图作业	133

第十六章 无线电航标与无线电定位仪	135
§ 16-1 定向无线电航标.....	135
§ 16-2 雷达概述.....	142
§ 16-3 雷达的基本使用数据.....	144
§ 16-4 利用雷达测定船位.....	150
§ 16-5 雷达在海上船舶避碰中的应用.....	154
§ 16-6 港口雷达站.....	158
§ 16-7 双曲线系统.....	159

第六篇 特殊情况下的航行

第十七章 狭水道中航行	165
§ 17-1 概述.....	165
§ 17-2 等值线图网.....	166
§ 17-3 利用迭标导航.....	169
§ 17-4 利用避险等值线导航.....	171
§ 17-5 在狭水道中的转向.....	175
§ 17-6 狭水道导航方法举例.....	177
§ 17-7 雾中航行时的船位测定.....	179
第十八章 大圆弧航行	182
§ 18-1 基本概念和定义.....	182
§ 18-2 大圆弧方程式.....	184
§ 18-3 计算起程航向和到达航向及大圆弧程的 公式.....	187
§ 18-4 顶点座标的计算.....	190
§ 18-5 大圆弧各分点座标的计算.....	191
§ 18-6 应用图解法解大圆弧航行问题.....	197

§ 18-7 混合航行..... 198

附录 1 斯达万盖尔和布斯-米尔斯无线电航标的扇形图

附录 2 按斯达万盖尔无线电航标对 319 千赫频率在点扇形 A_1-A_{12} 中测定方位

按斯达万盖尔无线电航标对 319 千赫频率在划扇形 B_1-B_{12} 中测定方位

按布斯-米尔斯无线电航标对 266 千赫频率在点扇形 A_1-A_{10} 中测定方位

按布斯-米尔斯无线电航标对 266 千赫频率在划扇形 B_1-B_{10} 中测定方位

附录 3 本书常用符号

第三篇 船舶航跡推算

在航行过程中，由于罗經、計程仪等航用仪器的改正量中存在着誤差，以及风、流等水文气象因素的影响，因而船舶的实际航跡很难絕對准确地保持与預先拟定的航綫相一致。为着保証船舶的安全航行，駕駛員必須在任何时刻，都清楚而准确地了解船舶的航跡与船位的所在。这样，就要求駕駛員能熟練地掌握“船舶航跡的推算方法”。

船舶航跡的推算方法，通常可分为两种：

1. 航跡繪算法：亦即海图作业法。这是一种应用平行尺、分度器、两脚規、圓規、三杆分度仪等航用繪图仪器，在海图上进行一系列图解的方法。

2. 航跡計算法：这是一种解数学方程式的方法，根据已知条件，列出数学方程式，求出所需求的航向，航程以及經緯度来。

第十章 航跡繪算法——海图作业

§ 10-1 关于航跡推算的定义

1. 起点座标——船舶出港后，在港口附近，所选取的可靠船位，作为推算船位的起点，这一点的地理座标称为起点座标。起点座标的經緯度分別称为起点經度和起点緯度。

起点坐标在海图上以符号“ $\odot$ ”表明。为便于船位的推算起見，通常在起点坐标的符号附近的空白处注明船舶到达起点坐标时的准确時間和計程儀的讀数。

時間的准确度对船速为12节以上者，应准确到半分鐘，在12节以下者，应准确到一分鐘。計程儀讀数应准确到0.1~0.2浬。

時間和計程儀讀数是以分式表示的，分式的分子表示時間，分母表示計程儀讀数。

2. 计划航綫——根据航道的具体情况，由駕駛員預先拟定的航綫称为计划航綫。计划航綫所表示的方向是船舶的眞航向，它应从起点坐标的位置上画出。为了便于檢驗和参考起見，应在计划航綫的一側上标明罗經航向及罗經改正量的数值。

起点坐标及计划航綫，在海图上的画法的图式，如图10-1所示。

3. 航跡向——船舶相对于固定不动的海底的航行軌跡的方向，称为航跡向。在无水流及风压等因素的影响的情况下，船舶的航跡向与眞航向相一致。但当船舶受到流、风压力或风

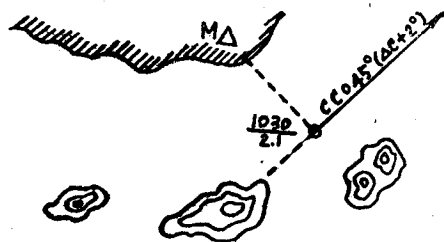


图 10-1

流合压力作用时，其航跡即偏离其眞航向綫，如图10-2所示。

图中 AB 为眞航向綫，它与眞子午綫的夹角 $\angle N_T AB$ 称为眞航向。 AC 为航跡，它与眞子午綫的夹角 $\angle N_T AC$ 称为航跡向，以符号 TK 表示之。

4. 流压差——由于水流的作用而使船舶眞航向与航跡向形成一个角度差，这个角度差，就称为流压差，以符号“ β ”表

示之。流压差的大小和方向是取决于水流压力的大小和它相对于船舶航向的方向。

5. 风压差——由于风力对船舶的作用，而造成船舶的真航向与航迹向的角度差，这一角度差，就称为风压差，风压差以符号“ α ”表示之。

6. 风流合压差——在通常的情况下，产生真航向与航迹向不一致现象的原因是由于风和流的共同作用。在这种情况下真航向与航迹向之间的角度差，称为风流合压差，以符号“ γ ”表示之。

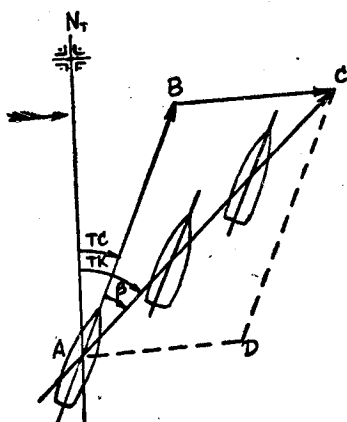


图 10-2

不论是流压差 β ，风压差 α ，或风流合压差 γ ，都可以分别根据产生这些角度差的因素：流、风或风流合压力的作用方向，配上相应的正负符号，即凡是作用于船舶左舷的，则在流压差（风压差或风流合压差）前面标注（+）号，凡是作用于右舷的，则标注（-）号。

§ 10-2 在无风无流的情况下的推算船位及其准确度

在无风无流影响的情况下，船舶的航迹可认为与真航向线相一致。为求推算船位，只需用两脚规在纬度的标尺上量取一段距离，使之等于计程仪的航程，然后以推算船位的起点座标为圆心，以所量取的距离为半径，沿着真航向线上截出一点，这一点即为所需求的推算船位。

在海图图廓的两侧（豎廓）的纬度标尺上量取距离时，应根

据渐长图构制的特点，采用正确的量取距离的方法。这里应当重复地指出：緯度的标尺的变化和一分子午綫的长度（一浬）对同一海图来說是随着緯度的增高而增长的；量取两点間的距离时，应在对应于此两点的位于豎廓上的緯度标尺上去量取。不可以将位于图区南部的，用北部的緯度标尺去量取，反之亦然。

在无风流影响的情况下的推算船位的准确度，一般地說是取决于引导船舶航行的罗經航向和計程仪讀数的准确度。而罗經航向的准确度又与仪器本身的精密程度和所选取的磁差准确度有关。

根据苏联航海家的研究，認為一般类型的磁罗經，由于罗經牌刻度小，指向綫寬，以及与測者間有一定距离，而存在 $\pm 0.3^\circ$ 的誤差。

在海图上所选取的磁差約有 $\pm 0.5^\circ$ 的誤差，陀螺罗經由于陀螺罗經子午綫的抖动，追随系統对灵敏部分的落后現象，以及刻度不能精讀等原因，而有 $\pm 0.5^\circ$ 的誤差。

因此在海图上所繪画的航向綫的准确度，只能达到 $\pm 1^\circ$ 。

計程仪讀数中的誤差，一般地說約为航程数的百分之一。

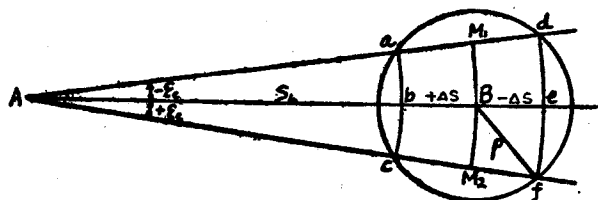


图 10-3

在图10-3中，設 A 为推算船位的起点， B 为当航程等于 $\hat{S}_L$ 时的推算船位， AB 为真航向綫。如果在罗經改正量中，存在誤差 $\pm \epsilon_c$ ，那么，經向位变换后，在海图上所画出的真航向綫

上，也将包含有这一误差；依据误差 ϵ_c 的量值和符号的不同，可以在海图上画出不同的航跡綫 AM_1 和 AM_2 。这样，由于罗經改正量中存在有误差 $\pm \epsilon_c$ 所造成的推算船位的误差，便可以用弧 $\widehat{M_1B}$ 和 $\widehat{M_2B}$ 的长度表示。显然这个误差在数值上等于：

$$\widehat{M_1B} = \widehat{M_2B} = \epsilon_c^0 \frac{S_L}{57.3}$$

如果計程仪改正量中具有 $\pm \epsilon_L$ 的误差，那么在航程 S_L 中亦将包含有 $\pm \Delta S$ 的误差。这一误差在图10-3中是以綫段 bB 和 Be 来表示的。用百分比表示之，則得：

$$bB = Be = \frac{\epsilon_L S_L}{100}$$

这样，在我們所考虑的条件下，推算船位应在 $abcM_2fedM_1$ 所包括的范围内。在这一范围内的任一点，均可称之为或然船位。

由于考虑到在现阶段，使用罗經所决定的航向比用計程仪所测定的航程的准确度为高，因而在误差的理論研究上，往往把推算船位假设在以 be 为长轴，而以 M_1M_2 为短轴所构成的椭圆范围内，并称这一椭圆为误差椭圆。

在航海实践中，为实用方便起见，通常认为推算船位是在以 P 为半径所作的圆周范围内。从图10-3中可以得出：

$$P = \sqrt{\left(\epsilon_c \frac{S_L}{57.3}\right)^2 + \left(\frac{\epsilon_L S_L}{100}\right)^2} \quad (10-1)$$

今以浬为单位，求 P 的数值：

$$P = \frac{S_L}{10} \sqrt{\frac{\epsilon_c^2}{36} + \frac{\epsilon_L^2}{100}} = \frac{S_L}{600} \sqrt{100\epsilon_c^2 + 36\epsilon_L^2} \quad (10-2)$$

如果引用前述的經驗数据，当

$$\varepsilon_c = \pm 1^\circ; \varepsilon_L = \pm 1\% \text{ 时,}$$

則有:

$$\rho = \pm \frac{S_L}{600} \sqrt{100 + 36} = \pm 2\% S_L \quad (10-3)$$

等式(10-3)說明: 在一般的情况下, 推算船位的誤差为船舶航程的 2%; 这一誤差将随着航程 S_L 的增大而增大。因此, 为求取較准确的推算船位, 应尽可能避免采用过长的航程。

例: 某船沿着某一固定航向綫上航行了 87 浬, 已知罗經改正量中存在的誤差不超过 $\varepsilon_c = \pm 10$, 計程仪的誤差不超过 $\varepsilon_L = \pm 2\%$, 求或然船位圓的最大半径。

$$\text{解: } \rho = \frac{87}{600} \sqrt{100 + 144} = 0.145 \sqrt{244} = 2.3 \text{ 浬}$$

从上面的例題中可見: 当船航行了 87 浬后, 推算船位就包含有 2.3 浬的誤差。这一誤差, 对沿岸航行的駕駛員來說, 应当十分注意。

§ 10-3 有水流时的推算船位

在有水流影响的情况下, 船舶航跡的推算, 可依矢量的加減法則进行。

例 1: 某船的速度为 12 节, 眞航向为 210° , 从海图上的潮流图中求得流向为 075° , 流速为 3 节; 試求推算航跡 (航跡向) 和船舶实际速度。

解: 我們在海图上从起点座标 A 点上, 作矢量 AB , 使其方向与船舶的眞航向 (210°) 相一致, 其大小等于船速 (12 浬/小时), 然后在矢量 AB 的末端, 再作一矢量 BC , 使其大

小等于流速（3 哩/小时），其方向与流向相一致。所得的封闭矢量 AC 即为所需求的船舶的航迹向和实际速度。在海图上，我们用用量角器和两脚规，量得航迹向为 $197^{\circ}8$ ，实际船速为 10.1 节，流压差角为 $12^{\circ}2$ （图10-4）。

为了避免当流压差角 β 很小时，图解方法所引起的较大误差，可采用分析计算法如下。

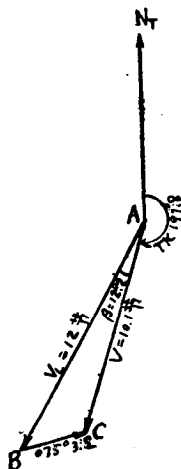


图 10-4

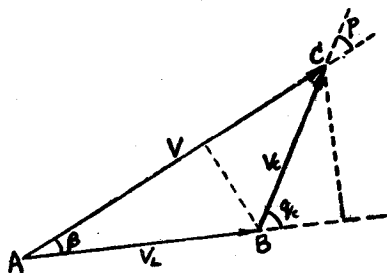


图 10-5

在图10-5的矢量三角形 ABC 中，我们以矢量 AB 的方向表示船舶的真航向线，其量值表示船速 V_L 。矢量 BC 的方向表示水流的方向，其量值则表示流速 V_c 。显然，封闭矢量 AC 即为所需求的航迹向和船舶实际速度 V （船舶相对于海底的绝对速度）。

用 q_c 表示水流的方向与船的航向所构成的夹角，用 p 表示航迹与水流方向之间的夹角。

根据矢量的投影定理，可得

(1) 在轴 AB 上的投影：

$$V \cos \beta = V_L + V_c \cos q_c$$

(2) 在与轴 AB 相垂直的轴上的投影等于：

$$V \sin \beta = V_c \sin q_c$$

(3) 在与轴 AC 相垂直的轴上的投影：

$$V_L \sin \beta = V_c \sin p$$

将上列三个方程式的两边，分别以 V_L 除之，并以下列关系代入：

$$\frac{V_c}{V_L} = m \text{ 和 } \frac{V}{V_L} = K$$

$$\text{则有} \quad K \cos \beta = 1 + m \cos q_c \quad (10-4)$$

$$K \sin \beta = m \sin q_c \quad (10-5)$$

$$\sin \beta = m \sin p \quad (10-6)$$

解方程式 (10-4) 与 (10-5) 得

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{m \sin q_c}{1 + m \cos q_c} \quad (10-7)$$

$$K = \sqrt{1 + 2m \cos q_c + m^2} \quad (10-8)$$

公式 (10-6)、(10-7) 系供计算流压差角用的。而公式 (10-8) 为计算速度系数 K 的公式。

我国1955年出版的航海用表第32表，就是根据上列公式 (10-6)、(10-7)、(10-8) 编制的。该表分为甲、乙、丙三个表；甲表以 m 和 q_c 的值为引数，我们根据引数的值，就可以从表中查出所需求的流压差 β 来。

为求出船舶的航跡向，应給所查出的流压差 β 配上代数符号，当水流来自左舷时，配以 (+) 号，水流来自右舷，則配以 (-) 号，并按公式 (10-9) 进行代数运算：

$$TK = TC + \beta \quad (10-9)$$

乙表是根据公式 (10-6) 編出的，它用 m 和 p 值为引数，如已知引数的值即可从表中查出流压差 β 来。 β 的角值求出后，可由下列代数法則求出真航向。

$$TC = TK - \beta \quad (10-10)$$

丙表是根据公式 (10-8) 編的，它用 m 和 q_c 值为引数，如已知引数的值，即可从表中查出 K 值来。 K 值查出后，应用关系式：

$$V = KV_L$$

計算船舶的实际速度。

例 2：真航向 210° ，船速 12 节，流向 075° ，流速 3 节，求航跡向及实际船速。

解： $q_c = 210^\circ - 075^\circ = 135^\circ$

$$m = \frac{3}{12} = 0.25$$

查 33 表甲表得 $\beta = -12^\circ.1$ (水流来自右舷)

因而航跡向为 $210^\circ - 12^\circ.1 = 197^\circ.9$

查 33 表丙表得 $K = 0.84$ 。

因而船舶实际速度为 $12 \times 0.84 = 10.1$ 节。

例 3：船速 12 节，流向 075° ，流速 3 节，問应采用什么真航向才能使船舶沿着 150° 的航跡向航行。并求船舶的实际船速。

解:

$$p = 150^\circ - 075^\circ = 75^\circ$$

$$m = \frac{3}{12} = 0.25$$

查33表乙表得

$$\beta = -14^\circ$$

因而真航向为

$$150^\circ - (-14^\circ) = 164^\circ$$

由于 $q_c = \beta + p = 75^\circ + 14^\circ = 89^\circ$

查33表丙表得

$$K = 1.03$$

故实际船舶速度为 $1.03 \times 12 = 12.4$ 节

§ 10-4 水流计算中的误差

在有水流的情况下，进行航迹推算，所得出的推算船位，往往具有某些误差，这是因为：

1. 目前輪船上駕駛員所取用的水流資料一般都不是即時觀測所獲得的資料，而是從航路指南、潮汐表、海流圖、海圖等航海資料中所摘出的。這些航海資料中所記載的水文情況，由於日期變遷將會有變化。

2. 因海水密度的不同而形成的海流——密度流，由於氣壓、降水量和蒸發量的變化，以及融冰或結冰的影響亦將產生變化。

3. 由於風的作用而引起的風海流是難以準確預測的。

4. 因引潮力場的周期性變化而形成的潮流，將參與海流中，使海流的流向和流速受到某些周期性變化因素的控制。

船舶在有水流影響的情況下航行時，為了分析航跡推算的準確度，我們作如下研究：

1. 設所採用的水流資料中，只存在流速（水流速度的量值）的誤差，而不存在流向（水流速度的方向）的誤差。