



全国高等农业院校教材

全国高等农业院校教材指导委员会审定

地文航海

(航海技术 I)

● 王成伯 主编

● 海洋渔业专业用

中国农业出版社

全国高等农业院校教材

地 文 航 海

(航海技术 I)

王成伯 主编

海洋渔业专业用

中国农业出版社

内 容 提 要

本书共分六章。第一章为航海基础知识。主要介绍地理坐标、航向和方位、向位换算等；第二章介绍有关航海上使用的图书资料，包括海图、助航标志、世界大洋航路、航路设计图、航路指南及航海图书目录等；第三章介绍各种情况下的航迹推算；第四章介绍各种陆标定位的方法以及船位误差的分析；第五章介绍航线设计与选择和沿岸及狭水道航行时保障航船安全的方法；第六章介绍磁罗经自差的校正与自差表的编制方法。

本书为高等水产院校海洋渔业专业使用的统编教材，也可作为一、二等渔业船舶驾驶人员和从事海洋渔业的有关人员参考书。

主编 王成伯 (上海水产大学)
参编 倪文广 (上海水产大学)
梁侯美 (湛江水产学院)
主审 顾浩年 (上海水产大学)
参审 潘玉坤 (浙江水产学院)

中国渔业出版社

前 言

本教材是根据全国高等农业院校教材指导委员会水产学科组制订的地文航海教学大纲编写的。随着我国渔业船舶作业海区向国外渔场的发展，在编写本教材时，我们加强了远洋航行和英版航海图书资料的介绍。

本教材由大连水产学院王成伯主编。参加编写的有：上海水产大学倪文广（第二章、第三章）、湛江水产学院梁侯美（第一章、第四章）、大连水产学院王成伯（第五章、第六章）。

本教材由上海水产大学顾浩年主审，浙江水产学院潘玉坤参加审稿。

由于我们水平有限，错误与不足之处，尚请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 航海基础知识	1
第一节 地球的形状与地理坐标	1
一、地球的形状	1
二、地理坐标	2
第二节 能见地平与物标能见距离	5
一、能见地平距离	5
二、物标能见距离	6
三、物标地理能见距离	6
四、灯光初显(隐)距离与灯光射程	6
第三节 航向和方位	7
一、方向的确定与划分	7
二、真向位与方位角	8
三、航海上方向的测定	10
四、向位换算	16
第二章 航路资料	18
第一节 海图	18
一、航用海图必须具备的条件	18
二、墨卡托(MERCATOR)投影原理和特点	18
三、其他投影海图	21
四、海图图网的绘制	23
第二节 海图识别	25
一、海图标题栏	25
二、图边注解	26
三、主要海图图式	28
第三节 助航标志	31
一、航标制度	31
二、国际海上浮标系统	34
三、《航标表》和《灯标雾号表》	37
第四节 航海图书资料	39
一、《世界大洋航路》	40
二、《航路设计图》	41
三、《航路指南》	43
四、《航海图书目录》	45
第五节 航海图书的改正与管理	48
一、《航海通告》与航海警告	49

二、海图的改正与管理	53
三、航海图书的改正与管理	58
第二章 附录	插页
附录一 英版海图图式和缩写	
附录二 国际浮标系统A	
第三章 航迹推算	61
第一节 海图作业的基本方法	61
一、在海图上量取某点的地理坐标	62
二、已知坐标在海图上定点	62
三、在海图上量取两点间的距离	63
四、在海图上量取直线的方向	63
五、从已知点画出航向线或方位线	63
六、换图	63
七、海图作业标注格式	64
第二节 基本航程的测定	64
一、计程仪概要原理	65
二、计程仪改正率	65
第三节 积算船位和它的准确度	68
一、绘算方法	68
二、准确度分析	68
第四节 有水流时的推算船位	69
第五节 风流中的推算船位	72
一、风对船舶航行的影响	72
二、风流中的推算船位	74
三、航迹计算	76
四、潮汐与水流资料的查询和应用	81
第四章 陆标定位	94
第一节 位置线及定位原理	94
一、位置线	94
二、定位原理	95
第二节 识别物标的方法	95
一、利用已知物标去识别未知物标	95
二、利用物标与船的相对位置识别物标	96
三、根据物标的形态、特点识别物标	96
四、用对景图识别物标	96
五、利用灯质辨别航标	97
第三节 方位定位	97
一、两标方位定位	97
二、三标方位定位	98
第四节 距离定位	100
一、距离的测定	100

二、垂直角或距离的准确度	101
三、距离定位	102
第五节 移线定位	103
一、转移位置线	103
二、方位移线定位	104
三、距离移线定位	106
四、特殊方位移线定位	107
第六节 综合位置线定位	109
一、方位和距离定位	109
二、方位和测深定位	109
第七节 观测船位准确性的分析	110
一、观测误差的种类	110
二、评定观测准确性的标准	110
三、位置线的均方误差	111
四、均方误差四边形	113
五、均方误差椭圆	113
六、均方误差圆	115
第五章 航线与航行方法	118
第一节 海区研究	118
一、海区研究的内容	118
二、海区研究的方法	118
第二节 航行计划	119
一、拟定航行计划的工作步骤	119
二、拟定航行计划的具体工作内容	119
三、选择航线应注意的问题	120
第三节 大洋航线的设计	120
一、大圆航线	120
二、气象航线概述	122
三、大洋航行注意事项	123
第四节 沿岸及狭水道航行	124
一、沿岸航行	124
二、狭水道航行	125
三、雾中航行	128
第六章 磁罗经自差	130
第一节 测定方向的仪器	130
一、磁罗经的构造	130
二、磁罗经的安装与检修	131
三、方位圈	134
第二节 磁罗经自差原理	135
一、磁的主要特性	135
二、作用于船上罗经的磁力	135

三、罗经受力方程式	138
四、3个硬铁力与3个软铁系数在一般船上的情况	139
五、各力对罗经的影响	140
第三节 倾斜自差	144
一、横倾自差力和横倾自差公式	145
二、横倾自差性质	146
三、纵倾自差	147
第四节 自差表的计算	147
一、磁罗经自差的测定	147
二、自差系数的计算	150
三、航行自差表的计算	151
第五节 磁罗经自差校正	154
一、半圆自差的消除方法	154
二、象限自差的消除方法	157
三、倾斜自差的消除方法	158
四、消除自差的步骤	159
五、消除自差的准备工作	160
第六节 显示角法消除磁罗经自差	161
一、在任意相反航向上消除半圆自差新方法	161
二、加辅助磁铁的时机与方法	165
三、加放各磁铁与观察显示角的规律	167
四、在四个罗经主航向上消除半圆自差的新方法	168
五、在相互垂直的主航向上消除象限自差的方法	172

第一章 航海基础知识

第一节 地球的形状与地理坐标

一、地球的形状

为了研究船位、方向和距离等航海问题，有必要对地球的形状和大小做一定的了解。地球自然表面的形状是非常复杂的，有高山、深谷等起伏不平的地貌。但是从地球整体来看，由于地球体积非常大，这些局部的起伏相对比较起来，就显得非常小了。例如，我国的珠穆朗玛峰高为8882m，太平洋的马尼亚纳海沟水深为11034m，高低之差为19916m，但与地球半径6370km相比，只是地球半径的3%。所以对地球来说，这些局部起伏的影响是微不足道的。

所谓地球形状，不是指地球自然表面的形状，而是指假定的大地水准面所包围的大地球体的形状。所谓大地水准面是一个假想的与完全均衡状态的海洋面相吻合的水准面，它向大陆延伸，并且使这一延伸面始终保持在任何地方都与该地的铅垂线相垂直，则这一个连续的、无叠痕的、无棱角的闭合水准面，就称大地水准面。大地水准面所包围的几何体，叫作大地球体，是理想的地球形状，但这个球体是一个不规则的几何体。

大地球体的形状，近似于一个半径很大的圆球，但它的两极略扁，更近似于一个旋转椭圆柱体。在航海的一般应用上，是把圆球体当作地球的第一近似体；在航海要求高精度的计算问题上，是把旋转椭圆柱体当作地球的第二近似体。

旋转椭圆柱体是由椭圆 P_1cP_2q （图1-1）绕着它的短轴 P_1P_2 ，旋转而形成的几何体。椭圆短轴 P_1P_2 ，即地球的自转轴称地轴；短轴的两个端点 P_1 和 P_2 ，是地球的北极和南极；椭圆的长轴 $e q$ 绕短轴旋转的平面是赤道平面，长轴端点 e 旋转而成的圆周是赤道 $e q$ ；过短轴的任一平面是子午圈平面，它与地球椭圆柱体表面相交的截痕为椭圆子午圈；椭圆子午圈的一半是地理子午线、子午线或经线。垂直于地轴，且与赤道平面平行的任一平面与地球椭圆柱体表面相交的截痕为纬度圈 FF' 。

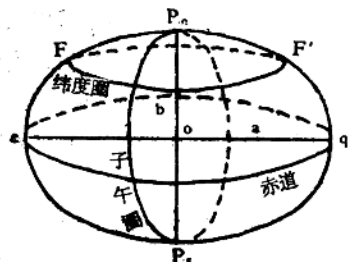


图1-1 地球椭圆柱体

地球椭圆柱体的形状和大小可用地球的扁率 c 、椭圆长半轴 a 和短半轴 b 的大小来表示。它们之间的关系是： $c = \frac{a-b}{a}$ 。很多国家的学者都曾对地球椭圆柱体的大小和扁率的数值进行测量和计算，但由于他们所采用的测量方法及选用数据不同，所得出结果及准确度也不同。现将主要数值列表1-1：

航海上为了计算方便，除了某些要求高精度的计算外，通常把地球看作是地球椭圆柱体体积相等的圆球体。这样做虽然会产生一些误差，但其准确度基本上能够满足航海上精度要

表 1-1 地球椭圆体和扁率的不同大小

系统名称	年代	长半轴 a (m)	短半轴 b (m)	扁率 c	使用国家
白塞尔	1841	6377397	6356079	1/299.2	德、日、荷
克拉克	1866	6378249	6356515	1/293.5	英、法等
海福特	1910	6378388	6356912	1/297.0	美国等
克拉索夫斯基	1942	6378245	6356863	1/298.2	前苏联、中国
人造卫星	1971	6378160	6356775	1/298.25	中国

求，而且在公式及计算方面却大大地简化了。

地球圆球体的半径 R_0 的求法如下：

$$\text{椭圆体体积} = \frac{4}{3} \pi a^2 b$$

$$\text{圆球体体积} = \frac{4}{3} \pi R_0^3$$

若两者体积相等，则 $\frac{4}{3} \pi a^2 b = \frac{4}{3} \pi R_0^3$

$$R_0^3 = a^2 b \quad \text{即} \quad R_0 = \sqrt[3]{a^2 b}$$

把克拉索夫斯基计算的 a 、 b 值代入上式得： $R_0 = 6371110$ (m)

二、地理坐标

船舶在海上航行时，就是在地球表面上运动。作为一名船舶驾驶员，应该随时都知道自己船的所在位置。地理坐标是用来表示地球表面上任意点位置的一种方法。

地理坐标是由地理纬度和经度组成，简称纬度和经度。

以椭圆子午线某点的法线与赤道平面所构成的交角，称为该点的地理纬度，或用通过该点的纬度圈与赤道在经度线上所夹的弧长来度量（图1-2）。纬度用字母 φ 表示，单位为度、分、秒。

赤道把地球平分为两个半球，北极 (P_N) 所在的半球叫北半球，南极 (P_S) 所在的半球叫南半球。纬度的计量方法：从赤道为 0° 起，向北或向南，各由 0° 到 90° 计量。北半球的纬度叫北纬，南半球的纬度叫南纬。所以在纬度后面应注明所在半球的名称 (N或S)。例如：北京的纬度 $\varphi = 39^\circ 54' 44'' N$ ，利马（秘鲁首都）的纬度 $\varphi = 12^\circ 04' 00'' S$ 。

某点的地理经度是通过该点的子午线（经线）与基准子午线在赤道上所夹的小于 180° 的弧长来度量，或用两个子午圈平面所夹的少于 180° 的两面角来度量（图1-2）。经度用字母 λ 表示，单位为度、分、秒。

国际上采用通过英国格林威治天文台原点的子午线为基准子午线。经度的计量方法：从基准子午线为 0° 起，向东或向西，各由 0° 到 180° 计量。向东由 0° — 180° 为东半球，东半球的经度叫东经，向西由 0° — 180° 为西半球，西半球的经度叫西经。所以在经度后面也应注明所

在半球的名称 (E或W)。例如：北京的经度 $\lambda = 116^{\circ}28'.2E$ ，利马的经度 $\lambda = 77^{\circ}03'.0W$ 。

除了地理坐标之外，尚有用地心坐标表示位置的。地心坐标是由某点的地理经度和地心纬度组成。地球椭圆体表面上某点与地球中心的连线与赤道面所构成的交角，叫作该点的地心纬度，用 φ 表示。地心坐标只在卫星接收机导航时或制图时用到。地理纬度与地心纬度的差值以字母 γ 表示，其计算公式为： $\gamma = 691'.8\sin 2\varphi$ 。

当地理纬度为 0° 或 90° 时，地理纬度与地心纬度的值相等，即 $\gamma = 0$ 。当地理纬度为 45° 时，其值 $\gamma = 11'.5$ 为最大值。

当船舶从一点航行到另一点，它的地理坐标就发生了变化，其变化数值用经度差和纬度差表示。

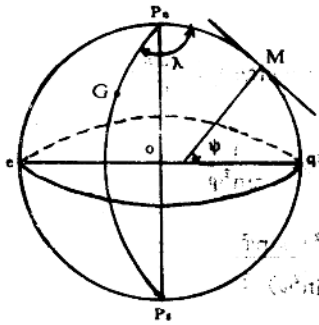


图 1-2 地理坐标

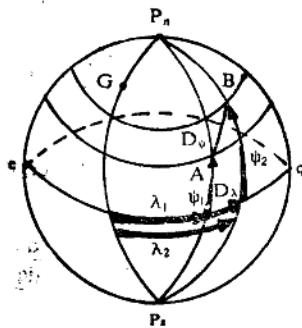


图 1-3 经差和纬差

当起航点与到达点在同一半球时，经度差 $D\lambda$ （或纬度差 $D\varphi$ ）为两点经度（或纬度）之差；而在不同半球时，经度差（或纬度差）为两点经度（或纬度）之和。

如将经度和纬度加以符号，东经为“+”，西经为“-”，北纬为“+”，南纬为“-”，则经度差 $D\lambda$ 和纬度差 $D\varphi$ 可写成代数式。

$$D\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$$

$$D\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$$

例：某船起航点 $\varphi_1 = 38^{\circ}45'.0N$ ， $\lambda_1 = 121^{\circ}45'.0E$ ，到达点 $\varphi_2 = 39^{\circ}00'.0N$ ， $\lambda_2 = 122^{\circ}15'.0E$ ，求 $D\varphi$ 和 $D\lambda$ 。

解：代入计算公式

$$D\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = +39^{\circ}00'.0 - (+38^{\circ}45'.0) = 15'.0N \text{ (向北)}$$

$$D\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = +122^{\circ}15'.0 - (+121^{\circ}45'.0) = 30'.0E \text{ (向东)}$$

海里是海上计量距离的单位。一海里等于地球椭圆子午线上一分弧长的长度。

在地球椭圆体上，不同的纬度处所量取的椭圆子午线一分的长度是不相同的。因此，严格地说，在各个纬度上海里的长度是不等的，由数学证明，一分纬度的弧长由 $S' = 1852.25 - 9.31\cos 2\varphi$ (m) 计算出。子午线一分的长度在赤道上为1843m，在地极处为1861.6m。

航海上为了应用方便，必须用一个固定值作为一海里的统一长度。尽管如此，由于各国所采用的标准纬度不同，所以海里的长度也不一致。我国采用的海里长度为1852m，这个数值是1929年国际水文地理学会通过的标准长度。把1852m作为海里的固定值后，在实际航海

运算中，产生的误差是不大的，可忽略。

—海里计算公式推导如下：

设地球椭圆子午线上纬度1分弧长为S，地球椭圆子午线上任意点处的曲率半径为M，
则：S = M × arcl'

$$\therefore M = \frac{(1 + (\frac{dy}{dx})^2)^{\frac{3}{2}}}{|\frac{d^2y}{dx^2}|}$$

$$\therefore \frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}(90^\circ + \varphi) = -\operatorname{ctg}\varphi$$

$$\therefore \frac{d^2y}{dx^2} = (-\operatorname{ctg}\varphi)' = (-\operatorname{ctg}\varphi)' \cdot \frac{d\varphi}{dx}$$

$$\therefore (-\operatorname{ctg}\varphi)' = \operatorname{cosec}^2\varphi = \frac{1}{\sin^2\varphi}$$

$$\therefore \frac{dx}{d\varphi} = \frac{a(1-e^2)\sin\varphi}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\therefore \frac{d\varphi}{dx} = \frac{(1-e^2\sin^2\varphi)^{\frac{3}{2}}}{a(1-e^2)\sin\varphi}$$

$$\therefore \frac{d^2y}{dx^2} = \frac{1}{\sin^2\varphi} \cdot \frac{(1-e^2\sin^2\varphi)^{\frac{3}{2}}}{a(1-e^2)\sin\varphi}$$

$$\therefore M = \frac{(1 + \operatorname{ctg}^2\varphi)^{\frac{3}{2}}}{\frac{(1-e^2\sin^2\varphi)^{\frac{3}{2}}}{a(1-e^2)\sin^3\varphi}} = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\therefore S = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2\sin^2\varphi)^{\frac{3}{2}}} \cdot \operatorname{arcl}'$$

按二项式定理，将上式中函数展为级数，并把e的四次方及其以上各项略去得

$$S = a(1-e^2) \left(1 + \frac{3}{2}e^2\sin^2\varphi\right) \operatorname{arcl}'$$

$$= a(1-e^2 + \frac{3}{2}e^2\sin^2\varphi) \operatorname{arcl}'$$

$$= a(1-e^2 + \frac{3}{4}e^2 2\sin^2\varphi) \operatorname{arcl}'$$

$$= a[1-e^2 + \frac{3}{4}e^2(1-\cos 2\varphi)] \operatorname{arcl}'$$

把克拉索夫斯基地球椭球体参数 a 和 e^2 值及1分弧度值代入上式，整理得：

$$S = 1852.25 - 9.31 \cos 2\varphi \text{ (m)}$$

第二节 能见地平与物标能见距离

一、能见地平距离

在大海中，由船上向四周观看时，水天交界处呈一圆周，称为水天线。测者眼高到水天线的距离叫作能见地平距离，简称视距。

图1-4中，测者在地表面上一点A，眼高为 e 。过测者眼睛A'到地表面的几何切线A'B，在地表面所构成的圆圈BB'称为测者几何地平。实际上，由于大气层密度不同视线发生折射。因此，测者实际上看到的是圆圈CC'，称为测者能见地平。在海上，它是水天线。

海上测者与其几何地平的距离，即 $\widehat{AB'}$ 用 D_r 表示，称为测者几何能见距离，而测者能见地平距离是测者到水天线的距离，即 $\widehat{AC'}$ 用 D_s 表示。由于大气折射，使测者几何地平方向与能见地平方向之间形成垂直夹角，称地面蒙气差。因此， $D_s \neq D_r$ ，而且 $D_s > D_r$ 。测者视距取决于测者眼高和地面曲率，显然还取决于蒙气差的大小。

图1-4中，把地球当作圆球体，O为球心，A'O为过测者的铅垂线，A'B'为测者到地球面的切线， $\angle A'B'O = 90^\circ$ ，OB'为地球半径。在直角三角形A'B'O中， $A'B'^2 = A'O^2 - OB'^2$ 。眼高 e 与地球半径相比，可忽略不计，则

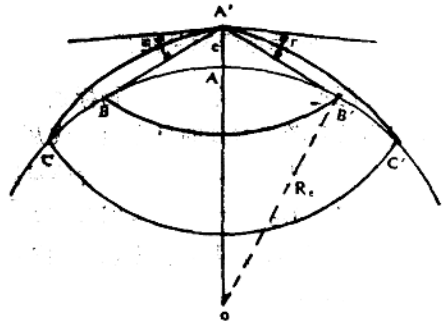


图1-4 能见地平平面

$$A'B' = \widehat{AB'} = D_r$$

$$\therefore A'O = R_e + e$$

$$\triangle A'B'O \quad D_r^2 = (R_e + e)^2 - R_e^2$$

$$= 2R_e e + e^2 = 2R_e e \left(1 + \frac{e}{2R_e}\right)$$

由于测者眼高 e 与地球直径 $2R_e$ 相比，则 $\frac{e}{2R_e} \approx 0$ ，因此， $D_r^2 = 2R_e e$ ，即 $D_r = \sqrt{2R_e e}$ 。

在测定测者能见地平距离时，必须考虑地面蒙气差 r 的影响， r 越大， $A'C'$ 曲率越大，则测者能见地平距离也就越远，而 r 是随着气温、气压等因素而变化的。在航海计算中， r 的

经验公式： r (弧分) = $\frac{1}{13} D_r = 0.08 D_r$ 海里。所以测者能见地平距离比测者几何地平距

离要远 $0.08 D_r$ ，因此， $D_s = D_r + 0.08 D_r = 1.08 D_r = 1.08 \sqrt{2R_e e}$ 。式中 R_e 以米为单位。为

为了使 D_e 的单位为海里，可按下式计算： $D_e = \frac{1.03\sqrt{2 \times 6371110 \times e}}{1852} = 2.08\sqrt{e(m)}$ 。为了应用方便，在我国《航海表》中，按上式编制有表 I—8 视距表。以眼高 e 为引数，直接查出测者视距。

二、物标能见距离

假设测者眼高为零时，在能见度良好的条件下，物标顶点能被看到的最大距离或从物标顶点到水天线的距离都称为物标能见距离，用 D_H 表示。它的大小与物标高度 H 和地面蒙气差有关。同样用测者能见地平距离的数学推导方法推导出计算公式： $D_H = 2.08\sqrt{H(m)}$ ，式中 H 为任意物标（如山峰、灯桩、灯塔）的高程，单位为米。 D_H 单位为海里。上式同样可使用我国《航海表》中表 I—8 视距表直接查取。

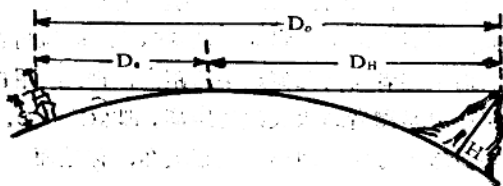


图 1-5 物标地理能见距离

三、物标地理能见距离

在海上能见度良好条件下，物标顶点被有一定眼高的测者能看到的最大距离或从测者眼睛到物标顶点的距离都称为物标地理能见距。显然，物标地理能见距等于测者能见距与物标能见距的和，如图 1-5 所示。

计算公式： $D_o = D_e + D_H = 2.08(\sqrt{e(m)} + \sqrt{H(m)})$

式中 D_o 为物标地理能见距离，单位为海里。分别以眼高和物标高为引数，直接查视距表，再相加求得。

应该指出，在航海实践中，即使能见度良好，因受到物标照度和测者眼睛视力的限制，因此，在白天发现物标的最远距离一般都比公式计算的距离要小。

例：测者眼高 $e = 5\text{m}$ ，物标高 $H = 100\text{m}$ 。求物标的地理能见距 D_o 。

解： $D_o = D_e + D_H = 4.7 + 20.8 = 25.5 \text{ n mile}$

四、灯光初显（隐）距离与灯光射程

在晴朗夜间观测灯标时，只有在灯标的灯芯初露出测者水天线那一瞬间时，才是测者最初能够直接看到灯标灯光的时刻，称为灯标初显，此时刻测者与灯标之间的距离就是灯标的地理视距，称为灯标初显距离。同理，当灯标灯芯开始隐没于水天线那一瞬间时，称为灯标初隐。灯标初隐距离也等于灯标地理视距。

应该指出，不是所有灯标的灯光都有初显、初隐现象。当强光灯标在能见度不良时，就没有初显（隐）距离，如是弱光灯标就没有初显（隐）距离。

我国海图和《航标表》中规定：在晴朗的黑夜里，当测者眼高为 5m 时，能够看到灯标灯光的最远距离，叫作灯光射程。如果灯标灯光属强光灯时，则灯标的灯光射程等于 5m 眼高的灯标地理能见距离；如果灯标灯光属于弱光灯时，则灯标的灯光射程不等于 5m 眼高的灯标地理能见距离。显然，前者可能有灯光初显（隐），而后者不可能有灯光初显（隐）。前者有可能当测者眼高大于 5m 时，在大于射程的距离外出现灯光初显（隐）时就能看见灯标灯光，而

后者则只有船航行到射程的距离内，才能看见灯标灯光。灯标灯光初显（隐）距离与灯光射程的关系式如下：

$$\text{初显（隐）距离} = \text{射程} + (2.08\sqrt{e} - 2.08\sqrt{5})$$

式中的 $2.08(\sqrt{e} - \sqrt{5})$ 称为灯光射程修正量，当眼高大于5m时，其修正量为正值；当眼高小于5m时，其修正量为负值。当眼高等于5m时，灯光初显（隐）距离等于灯光射程。

第三节 航向和方位

一、方向的确定与划分

驾驶员驾驶船舶从起航点驶向到达点，首先必须知道到达点在起航点的什么方向，然后沿着这个方向航行，才能驶向到达点。所谓方向就是测者在地面任一点的指向，也就是在测者地面的真地平平面上所指的方向。

要确定测者周围的方向，首先必须在测者真地平平面上确定方向的基准线——南北线。设地球为圆球体，并假设地球上所有铅垂线都相交于地心。过测者眼睛而垂直于测者铅垂线的平面为测者地面真地平平面。图1-6中，测者在A点，AA'为测者眼高，A'AO为测者铅垂线。过测者眼睛A'与铅垂线垂直的平面HH'为测者地面真地平平面。测者A点的子午圈平面AP₁qP₂e与测者真地平平面HH'相交线NA'S，就是测者A点的南北线。近北极P₂的一方为测者的正北（N）方向。航海上通常以它作为计量方向的基准，它的相反方向为正南（S）方向。过测者铅垂线与测者子午圈平面相垂直的平面，叫作东西圈（卯酉圈）平面，它与测者真地平平面相交线EA'W称为东西线。当测者面向北，背向南，东西线的右方为正东（E）方向，左方为正西（W）方向；以上的北、东、南、西称为四个基准点方向。

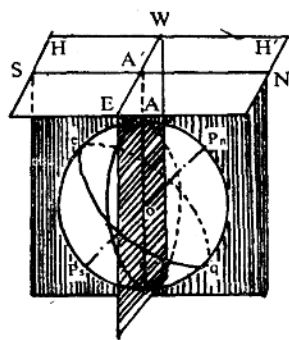


图 1-6 地平平面

仅仅在测者地面真地平平面上确定四个基准点方向还不能满足航海上的需要，必须进一步划分，常用的划分方法有以下三种。

（一）圆周法 圆周法是目前航海最常用的方法，它是以测者为中心，把测者的真地平平面逐度分成360°，以正北为基准定为000°，按顺时针方向计算到360°。因此，正北为00°（或360°），东为090°，南为180°，西为270°，如图1-7所示。在航海上，圆周法用三位数字表示方向。

度量某一方向时，由测者划出该方向线，则基准方向线（0°方向线）与该方向线之间的夹角按顺时针计算的度数，即为所求的方向。例如北东为045°，南东为135°，南西为225°，北西为315°，这四个方向又称为四个隅点。

（二）半圆法 以测者为中心，把测者的真地平平面分为二个180°半圆。从正北或正南起，向东或向西各由0°计量到180°。其表示方法除度数外，还要标出起算点和计量方向。例如120°SE，120°NE，60°NW，45°SW。度数后缀的方向，前者为起点方向，后者为计量

方向。半圆周法多用在天文航海的天体方位的计算中。

(三) 罗经点法 以测者为中心,把测者的真地平平面等分成32个方向,每个方向称为一个罗经点。其排列方法是由正北算起,顺时针编排从1—32,并分别定出各点的名称。以相邻两个等分方向的夹角为一个点,则一个点等于 $\frac{360^\circ}{32} = 11^\circ \frac{1}{4}$,例如4个点等于 $11^\circ \frac{1}{4} \times 4 = 45^\circ$ 。

罗经点法有四个基点(东、西、南、北);平分相邻两个基点之间的角度得出四个隅点(东北、北西、南东、南西);再平分基点和隅点之间的角度得八个三字点(北北东、东北东、东南东、南南东、南南西、西南西、西北西、北北西);又再等分上述16个方向点之间的角度得十六个偏点(北偏东、北东偏北、北东偏东、东偏北、东偏南、南东偏东、南东偏南、南偏东、南偏西、南西偏南、南西偏西、西偏南、西偏北、北西偏西、北西偏北、北偏西)。

这种划分方向的方法,在古代航海上被广泛使用过。但因其划分的方向不细,已不能满足现代航海的要求而很少使用。目前只用它表示风和水流的近似方向,以上主要三种划分法如图1-7所示。

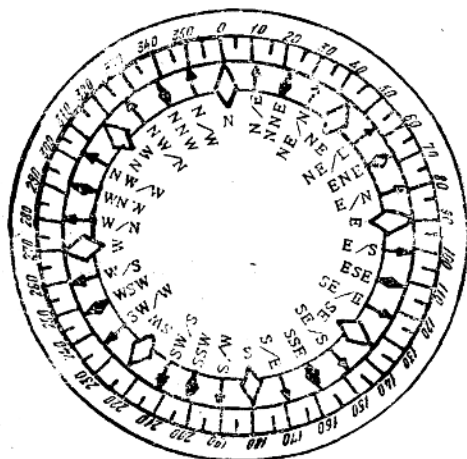


图1-7 方向划分

三种方向划分系统之间的换算方法,如下所述:

1. 半圆周法换算成圆周法的法则是:

在东北 (NE) 半圆, 圆周度数等于半圆周度数。

在东南 (SE) 半圆, 圆周度数等于 180° 减半圆周度数。

在南西 (SW) 半圆, 圆周度数等于 180° 加半圆周度数。

在北西 (NW) 半圆, 圆周度数等于 360° 减半圆周度数。

例: 半圆周法方向

圆周法方向

135° NE

135°

45° SE

$180^\circ - 45^\circ = 135^\circ$

100° SW

$180^\circ + 100^\circ = 280^\circ$

100° NW

$360^\circ - 100^\circ = 260^\circ$

2. 罗经点法换算成圆周法的法则是: 1点 = $11^\circ \frac{1}{4}$

例: 将方向点SW换算成圆周法度数。

解: 方向点SW在罗经点法中是第20个点, 因此将它换算成圆周法时, 则:

$$SW = 11^\circ \frac{1}{4} \times 20 = 225^\circ$$