

船員業務學習小叢書

航海文庫

上 冊

大連海運學院航海系船員業務學習小叢書編寫組 編



人民交通出版社

5471

船員業務學習小叢書

航海文庫

上 冊

大連海運學院航海系船員業務學習小叢書編寫組 編

人民交通出版社

为了有助于我国广大船员业务学习起见，本社組織有关方面編寫了一套业务学习小丛书，希望通过它将船员各方面所必需具备的基本知識有系統地加以介紹，敘述力求通俗簡明，以便適合初中以上文化程度的駕駛員閱讀。

本書为小丛書中航海天文学上册，其内容包括航海天文学的基本概念及進行天文观测用的某些基本仪器。

本書系由大連海运学院航海系駕駛专业1541班学生編寫，并由該系教师 刘 荣霖、李澤成、王顯琨等審改。

船員业务学习小丛书

航海天文学

上册

大連海运学院航海系船員业务学习小丛书編寫組 編

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号

新华書店发行

人民交通出版社印刷厂印刷

*

1960年2月北京第一版 1960年2月北京第一次印刷

开本：787×1092毫米 印張：4張

全書：85,000字 印数：1—2,200册

統一書号：15044·5197

定价(7)：0.38元

目 录

上 册

序 言

第一章 天球和天体的运动	5
§1 天球, 天球上的基本点、綫和圈.....	5
§2 地平坐标、赤道坐标和天文定位三角形.....	8
§3 天体的运动.....	15
第二章 時間	31
§4 时数和度数的关系.....	31
§5 恒星日、恒星时, 春分点地方时角的基本公式, 計算恒星地方时角的公式.....	33
§6 平太阳时(平时), 平时和平太阳时角的关系, 时差.....	35
§7 地方平时, 世界时.....	37
§8 时区, 区时, 地方平时与区时的换算, 法定时, 日界綫.....	42
§9 航海天文历的使用.....	47
第三章 天文鐘	53
§10 天文鐘的构造特点.....	53
§11 天文鐘誤差及其測定方法.....	54
§12 天文鐘的保管、維護和使用, 天文鐘記錄簿.....	61

第四章 星空及認星仪器	66
§13 星等.....	66
§14 主要星座及主要恒星的辨認.....	67
§15 星球仪和認星片.....	77
第五章 六分仪	85
§16 六分仪的构造与原理.....	85
§17 游标及鼓輪讀数原理.....	88
§18 零点差、視差与指标差及其測定.....	91
§19 六分仪誤差及其校正.....	97
§20 六分仪的保养及觀測前的准备工作.....	101
§21 六分仪的觀測方法.....	103
第六章 天体高度修正	108
§22 高度修正的各种因素的分析.....	109
§23 天体高度的修正.....	115

附 錄

1. 天体位置，1955年
2. 恒星視位置，1955年
3. 表1. 春分点时角变量，表2. 太阳时角基本变量
4. 表3. 行星时角基本变量，表4. 月亮时角基本变量
5. 表5. 太阳时角訂正，表6. 太阳赤緯內插比例部分
6. 表7. 行星月亮时角訂正和赤緯內插比例部分
7. 表12. 高度改正——太阳、恒星、行星
8. 表13. 低高度改正
9. 表14. 高度改正——月亮

序 言

航海天文学是船舶駕駛专业的主要专业课程之一，它的主要任务是解决在海上利用天体的观测来测定船位的问题。

当船舶在沿岸航行时，駕駛員通常是利用岸上物标如灯塔、山头等来测定船位。在能见度不良或在海岸视域以外不太远的区域航行时，則尚可利用雷达或测向仪等无线电定位系統来测定船位。但当船舶进入茫茫大海以后，除在适当时机和地域内仍可用无线电定位系統进行定位外，主要是依靠天体的观测来测定船位。

天文定位的方法与航海学中陆标定位本質上是有类似之处，在航海学中是利用地面陆标（如灯塔）的位置来测定船位，同样在航海天文学中也是利用天体（天空的灯塔）的位置来测定船位，而且都是利用两个以上的位置綫的办法来定位的。

另外，从天文学的角度来看，航海天文学是实用天文学的一部分，所以它对天球、天体的运行和时间的测定等问题也必须作一般的叙述。

我国古代的天文学家和航海家在天文和航海两方面都有过丰伟的成就和光荣的事迹。但长期以来由于封建主义的束縛，特别是帝国主义的侵略和反动政权的統治，使得我国经济和科学一蹶不振，海运事业同样停滞不前。解放后，由于党和政府的重視，我国社会主义制度的优越性和国民經济迅速发展的需要，为海运事业的发展开辟了广闊的道路。航海天文学也将必

然更好地为祖国海运事业服务，并得到充分的发展。

目前利用天文测定船位尚存在着缺点。其根本的缺点在于白天遇到云雾时不能测天，在于夜间看不见水线时不能测天，在于白天只有太阳可供观测时两次观测的间隔尚需 3~4 小时以上。而其根源在于还不能在摇摆颠簸的海船上建立稳定精确的水准面和在水准面上建立精确的指北仪器（罗经）。另一方面，也在于我们只利用了天体的光的辐射（光线），而没有有效地利用天体的其它辐射（如电磁波等）。最后，关于提高测定船位精确度，关于计算手续的简化以及自动化等也是急待解决的问题。解决这些问题的责任，无疑地落在所有航海家和有关航海科学工作者的身上。对于新中国的海员来说，社会主义制度给我们开辟了广阔的前途，党和政府的关怀更鼓舞着我们，问题就在于我们的努力。我们应该鼓足干劲、力争上游，钻研技术于实际生产工作中去，并在运用中研究提高，使我国的海运科学事业赶上或超过世界先进水平。

第一章 天球和天体的运动

§1 天球，天球上的基本点、綫和圈

天球

我們平常所看見的天空，象一个巨大的空心球扣在我們的頭頂上，在地平下边还有一个半球，这两个半球合起来是一个完整的圓球。我們所看見的星、月球和太阳等等好象沒有远近，都分布在这个球的表面上。这个想象的巨大的空心球就叫做天球。

地球是天球的中心，而天球的半径是当做无限大的。

图 1-1 表示一个地球，中心点 O 是地球的中心。

P_n 、 P_s ：地球的北極和南極。

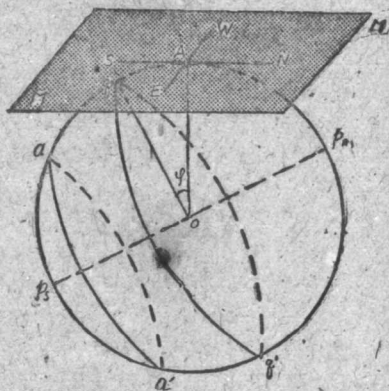


图 1-1

$\overline{P_n P_s}$ 连接地球的北极和南极，通过球心的直线叫做地轴。

$\widehat{qq'}$ ：垂直地轴的一个大圆叫做赤道。

$\widehat{aa'}$ ：它是和赤道平行的小圆叫做纬度平行圈。

A ：表示地球上某一个观测者。

$\widehat{Aq}$ ：观测者的纬度我们用 φ 来代表它。

$\overline{P_n A q p_s q'}$ ：观测者的子午圈（经度线）。

$\overline{AO}$ ：即 A 和 O 的连线，它是通过观测者的铅垂线。

通过 A 点并与 AO 垂直的平面 MM' 叫做观测者的真地平面。如果我们把眼睛放到海平面上水平方向向四周看一下，就是一个平面，这个平面也就是真地平面。

$\overline{SN}$ ：观测者的子午圈平面与真地平面的交线，这一条直线叫做南北线。

$\overline{EW}$ ：垂直于南北线的直线叫做东西线。

如果我们面向北 (N)，则右手为东 (E)，左手为西 (W)，背后为南 (S)，这就是我们所说的东、西、南、北四个方向。

天球上的基本点、线和圈

如果我们把地球上的点、线和圈无限地扩展到天球上，就成了天球上的点、线和圈。如图 1-2 表示一个天球，因为天球很大，所以天球的中心就可以认为是地球。

P_N, P_S ：叫做北天极和南天极，即地球的轴无限地伸展到天球上的交点。

$\overline{P_N P_S}$ ：叫做天轴，是地球的轴无限伸展而形成的。

$\widehat{Q Q'}$ ：叫做天赤道，是地球赤道平面扩展到天球而得的。

Z ：叫做天顶，是观测者的铅垂线无限地向上引伸与天球所交的那一点，所以 $\widehat{ZQ}$ 就等于观测者的纬度。

Z' : 叫做天底, 是观测者铅垂线无限地向下引伸与天球在脚下所交的那一点。

$\widehat{ZP_NZ'P_S}$: 叫做观测者的天球子午圈, 或简称观测者子午线, 它是地球上观测者的经度线扩展到天球上而得的。

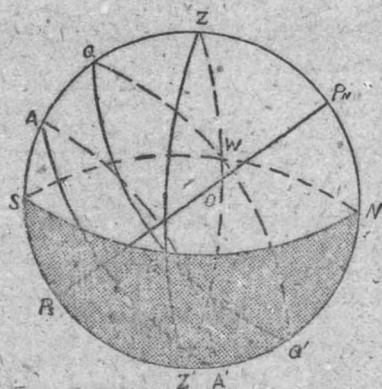


图 1-2.

$\widehat{NESW}$: 叫做真地平, 它垂直于 $\widehat{ZZ'}$, 是地球上的真地平面扩展到天球上而得的。真地平与天赤道和观测者子午圈相交于四个点, 与观测者子午线相交的两个点靠近北天极的叫做北点, 靠近南天极的叫做南点, 与天赤道相交的两个点是东点和西点。

$\widehat{Z EZ' W}$: 即通过天顶、天底、东点和西点的大圈, 叫做卯酉圈。

$\widehat{AA'}$: 与天赤道平行叫做赤纬平行圈。

从以上的说明我们可以看到下面的一些问题:

1. 天赤道把天球分成两半: 包括北天极那个半球叫做北天

半球，包括南天极的那个半球叫做**南天半球**。

2. 真地平把天球分成两半：包括天顶的半球叫做**地平以上部分**，包括天底的半球叫做**地平以下部分**，地平上的天极又叫做**仰极**。

3. 天轴把子午圈分成两半：包括天顶的半圆叫做**午圈**，包括天底的半圆叫做**子圈**。

4. 卯酉圈和观测者子午圈把真地平分成四个部分：这四个部分叫做四个象限，有**北东象限 (NE)**，有**南东象限 (SE)**，有**南西象限 (SW)**，有**北西象限 (NW)**。

§2 地平座标、赤道座标和天文定位三角形

船舶在海上航行的时候，我们可以利用海地平面上的灯塔、山尖等来定船位，这是因为这些物标在海图上有了肯定的位置（准确的经纬度），我们可以通过船舶与它们之间的关系来找到船舶在海图上的位置，而求得船位。天空中的星体也象地面上灯塔一样，如果我们想利用它来定船位，首先也必须知道它们在天球上的位置。在天球上决定一个天体的位置是用天球座标，它和在地球上用经纬度来决定一个物标的位置性质是相类似的。天球座标常用的有以下两种：

天体的赤道座标

我们知道，在地球上定一个点的位置，是用赤道和格林尼治经度线作基准的。同样在天球上决定一个天体的位置可以用天赤道和观测者子午圈作基准，这时天体在天球上的位置就由这个点的座标——**时角和赤纬**——来表示。

如图1-3所示：

$P_N Z A P_S$ ：为观测者子午圈。

$Q Q'$ ：为天赤道。

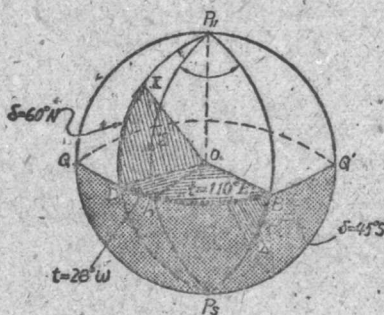


图 1-3

X 、 X' ：为在天球上的某两个天体。

天体的赤緯 (δ)：它是在天体的子午圈 $\widehat{P_N X P_S}$ 上 (又称时圈或赤緯圈)，从天赤道到天体 X 的一段大圆弧长 (如 $\widehat{XD}$)。赤緯是从天赤道 0° 开始，向南或向北各 90° 。如天体的赤緯为北，则加“N”或“+”的符号；天体的赤緯为南，则加“S”或“-”的符号。如图中 X 的 $\delta = +60^\circ$ ， X' 的 $\delta = -45^\circ$ 。天体的赤緯与緯度同名叫同名赤緯，反之为异名赤緯。

天体的極距 (p)：由天体到仰极的距离叫极距，所以极距 $\widehat{P_N X} = 90^\circ - \delta$ ，极距是从 0° 到 180° 来计算的，如天体 X 的极距 $p = 90^\circ - \delta = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ ，天体 X' 的极距 $p = 90^\circ - \delta = 90^\circ + 45^\circ = 135^\circ$ 。

天体的时角 (t)：它是观测者的子午圈和经过这一天体的子午圈在仰极所张的两面角，或在赤道上所截的一段弧。时角是由观测者午圈开始向西计算从 0° 到 360° ，如天体 X 的时角 $t = 28^\circ W$ ，天体 X' 的时角 $t = 250^\circ W$ 。如果西向时角超过了 180° ，可用 360° 减之，后面并加上一个“E”的符号。

因此，天体 X' 的时角 $t = 250^\circ W = 360^\circ - 250^\circ = 110^\circ E$ 。

这是因为我们在实际应用上，时角有时须化为小于 180° 的缘故。如果时角后面未注明“E”或“W”，则应理解为西向时角。

体的地平坐标

它是以观测者真地平 and 观测者子午圈作基准的，天体在天球上的位置是用这个点的座标——高度和方位——来表示。

如图 1-4 所示：

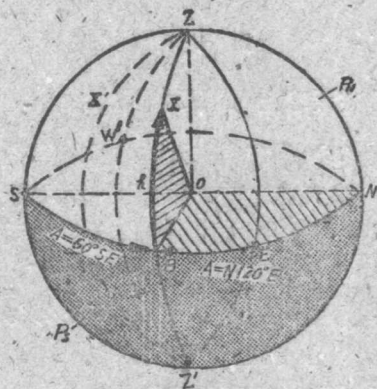


图 1-4

$\widehat{ZP_NZ'P_S}$: 观测者子午圈。

$\widehat{NESW}$: 观测者真地平。

天体的高度 (h): 它是从真地平到天体 X 的垂直圈 (或称方位圈) $\widehat{ZXZ'}$ 上的一段弧, 如图 $\widehat{BX}$ 。它是从真地平 0° 开始向地平以上来量, 最大达 90° 。如天体 X 的高度 $h = 60^\circ$ 。

天体的顶距 (z): 它是由天体到天顶的距离, 如图 $\widehat{ZX}$ 。所以顶距 $z = 90^\circ - h$ 。如天体 X 的 $z = 90^\circ - h = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$ 。

天体的方位(A)：它是观测者子午圈和天体方位圈在真地平上所夹的一段弧，如图 $\widehat{NB}$ 。天体的方位有三种算法：

1. 周天算法：由北点开始向东从 0° 到 360° 来计算。
2. 半周天算法：由北点（在北纬地方）或南点（在南纬地方）向东向西各从 0° 到 180° 来计算。
3. 象限算法：由北点或南点开始向东向西各从 0° 到 90° 来计算。

如图1-5所示：天体X和X'的方位分别以三种算法表示如下：

	周 天 法	半周天法	象 限 法
天体X：	$A = 120^\circ$	$A = N120^\circ E$	$A = 60^\circ SE$
天体X'：	$A = 225^\circ$	$A = N135^\circ W$	$A = 45^\circ SW$

它们之间有这样关系：

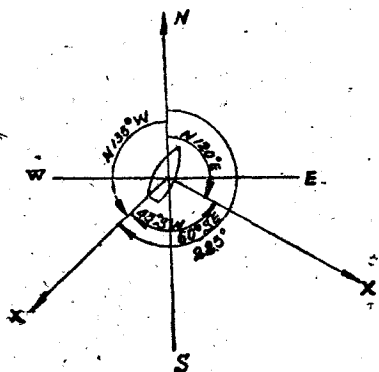


图 1-5

$60^\circ SE$ (象限) $= N120^\circ E$ (半周天) $= 120^\circ$ (周天)。

$45^\circ SW = N135^\circ W = 225^\circ$ 。

天文定位三角形

把以上介紹的两个座标合在一起，就象图1-6那样。

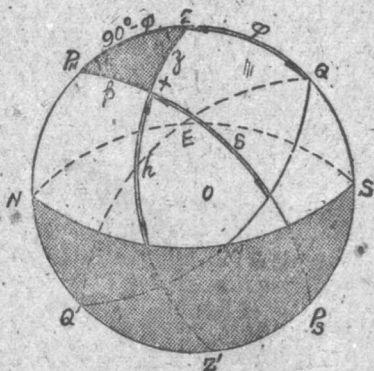


图 1-6

从图中我们会很明显地看到，如果观测者的经纬度为已知时，当已知某天体的高度和方位，可以求出它的时角和赤纬，反之，如果已知天体的时角和赤纬则可求出其高度和方位。

从图中也可看出：

$$\begin{aligned} \text{因为} \quad & \widehat{ZP_N} + \widehat{P_N N} = 90^\circ, \\ & \widehat{ZQ} + \widehat{ZP_N} = 90^\circ, \\ \text{所以} \quad & \widehat{ZQ} = \widehat{P_N N}. \end{aligned}$$

即观测者的纬度 (φ) 等于天顶 (Z) 的赤纬 (δ)，等于仰极 (P_N) 的高度，这个结论是很重要的。

又观测者子午圈、天体的时圈和方位圈这三个大圆交成一个球面三角形 $ZP_N X$ ，这个三角形叫做天文定位三角形。

几种常用的投影图

1. 赤道平面投影图：

以赤道大圆为投影平面，把观测者所在的那个北天半球或南天半球上的基本点、线和圈投影到这个平面上（但在一般情

况下，我們只画出观测者子午綫和天体时圈)，就成了如图 1-7 那样一个平面图。

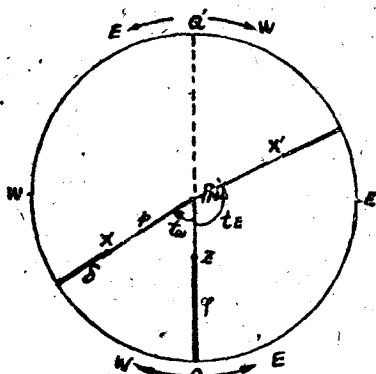


图 1-7

$\widehat{Q'WQE}$: 是代表赤道，中心是北天极 P_{No} 。

$\widehat{QP_NQ'}$: 是观测者的子午圈，其上 (Z) 为天顶， $\widehat{P_NQ}$ 为午圈的一半， $\widehat{P_NQ'}$ 为子圈的一半。

用这图能够帮助我们很容易地表示出一个天体的时角 (t) 和赤緯 (δ)。如图，天体 X 的时角 $t = 55^\circ W$ ，赤緯 $\delta = 20^\circ + (N)$ 。在研究各种时间和时角的关系时，这种投影图是很重要的。同时它也能帮助我们辨别向东或向西转的方向。

2. 真地平面投影图:

以真地平面作为投影平面，把天球的地平以上部分基本点、綫和圈投影到这个平面上就成了如图 1-8 那样一个平面图。

$\widehat{NESW}$: 代表真地平， N, E, S, W 为北、东、南、西四

个点。

$\widehat{NP_NZQS}$: 为地平以上部分的观测者子午圈。

$\widehat{WOE}$: 为天赤道的半个圆。

$\widehat{WZE}$: 为卯酉圈的半个圆。

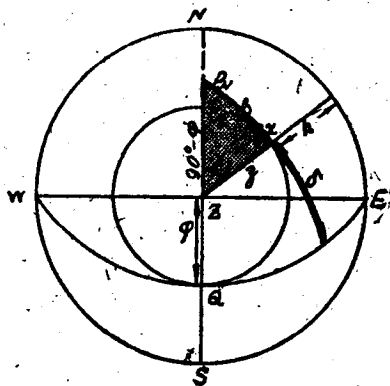


图 1-8

用这图能够很容易表示出一个天体的高度 (h) 和方位 (A)。如图天体 X 的 $h=60^\circ$, $A=50^\circ NE$ 。

3. 子午线平面投影:

以观测者子午圈平面为投影平面, 把天球上的基本点、线和圈投影到这个平面上就成了如图1-9所示的情况:

直线 QQ' : 为天赤道,

直线 ZZ' : 为卯酉圈,

直线 SEN : 为真地平。

从图中可以看出很多的基本圈投影到子午圈平面上皆成了直线, 天体 X 的 h 、 A 、 t 、 δ 在图上表示的情况就象图中所示。