

012174

海 航 文 天

中国人民武装警察部队水面船艇学校
一九八六年

目 录

第一章 天球座标和时间

第一节 天球座标

1-1	天球概念	1
1-2	赤道座标	4
1-3	地平座标	7
1-4	天文三角形	11

第二节 六分仪

1-5	构造和原理	12
1-6	保养和观测	15
1-7	六分仪误差	18
1-8	天体高度改正	23

第三节 时 间

1-9	天体视运动	29
1-10	视时、平时和时差	33
1-11	地方时和世界时	36
1-12	区 时	38
1-13	船时和日界线	40
1-14	天文钟求世界时	44
1-15	航海天文历求时角和赤纬	51

第二章 观测太阳定位

第一节 天文定位原理

2-1	天文定位基本原理	55
2-2	观测太阳大高度定位	58
2-3	截距法求船位线原理	61

第二节 太阳定位

2-4	天体高度方位表	65
2-5	观测太阳求船位线	71
2-6	观测太阳移线定位	75

第三节 太阳中天高度求纬度

2-7	观测太阳中天高度求纬度	82
2-8	近中天高度求纬度	87
2-9	中天移线定位	89
2-10	误差简介	93

第三章 测星定位

第一节 月亮或行星定位

3-1	太阳系简介	98
3-2	观测行星定位	101
3-3	月亮视运动的盈亏	105
3-4	白天观测太阳月亮定位	107

第二节 北极星高度求纬度

3-5	春分点赤道座标	110
3-6	北极星高度求纬度	112

第三节 恒星定位

3-7	测星定位的时机和方法	116
3-8	目视认星	117
3-9	索星卡和星球仪	127
3-10	观测恒星求船位线	131
3-11	测星定位	133
3-12	误差三角形	139

第四章 天文方法求罗经差

4-1	太阳真出没方位求罗经差	144
4-2	低高度观测太阳罗方位求罗经差	148
4-3	北极星方位求罗经差	151

第一章 天球坐标和时间

准确测定船位是确保安全航行的具体措施之一。当船舶在沿岸航行时，可以利用沿海的可见陆标或灯塔测定船位，但当船舶航行到海洋中，远离海岸看不见陆标时，又可以利用无线电方法或日月星辰等天体 (Heavenly body) 测定船位。现在空间科学发展很快，卫星导航已广泛应用于航海事业。它是从天文航海基础上发展起来的。因此学习天文定位 (Position by astronomical observation) 是航海事业发展的需要，也是科技发展的需要，我们一定要学好它。

我们知道，陆标定位中无论是方位定位法或距离定位法，先决条件是陆标要有准确的地理坐标——经纬度。同样天文定位也类似距离定位法，通过测算得两条以上天文船位线，它的交点就是天测船位。但也需要有当时准确的天体位置，它是用天球坐标——时角和赤纬、高度和方位来表示。因此，本章首先研究有关天球坐标的一些概念，以及根据不同的时间如何确定天体的天球坐标。

第一节 天球坐标

1-1 天球概念

当我们仰望天空，觉得它好象一个巨大的空心半圆球，所有天体都好象分布在这个球面上。为了便于研究问题，我们把以地球为中心，以任意长为半径的假想大球，叫做天球 (Celestial sphere)。

我们知道，宇宙是无限的。本来所有天体距离地球远近不同，而我们在航海应用上，主要是根据球心角的大小来表示天体的位置，因此距离的远近并不影响天体坐标值的确定，我们就不必考虑它。

为了确定天体在天球上的坐标，需要在天球上划定一些界限。

使人若地假设一些点和圆。实质上,天体的基本点和圆,都是由地球上扩展来的,两相对照就不难理解。

一 和地球直接关联的点和圆

如图 1-1,地球有球心、地轴、北极、南极和赤道。设地球在天球中心,延长地轴和天球相交于 P_N 和 P_S , $P_N P_S$ 便是天轴,天轴的两端 P_N 和 P_S ,分别叫北天极 (North celestial pole) 和南天极 (South celestial pole)。扩展地球赤道 qq' , 交于天球的大圆 QQ' 叫天赤道 (Celestial equator), 它和天轴互相垂直。

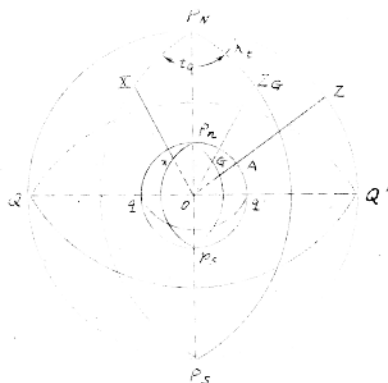


图 1-1

二 和测者直接关联的点和圆

如图 1-2, 在地球上, A 表示观测者所在地, AO 是该测者的铅垂线, 大圆 $P_N A P_S$ 叫测者子午线, 通过测者的半个大圆叫经度线, 它由格林经度线来确定。

延长测者铅垂线, 交天球于 Z 、 Z' 两点, 测者头顶上的一点 Z 叫天顶 (Zenith), 相反的一点 Z' 叫天底 (Nadir)。

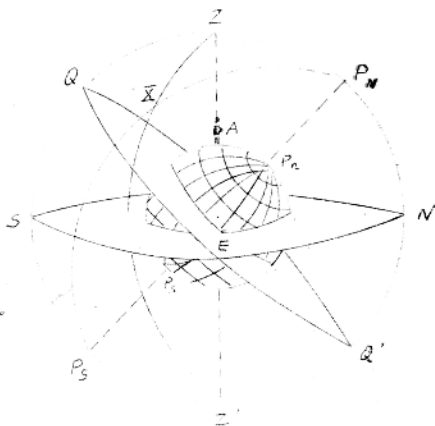


图 1-2

Nadir)。这时通过天顶、天底和两天极的大圆 $\widehat{PNZP_sZ'}$ 叫测者子午圈 (Observer's meridian)。其中 $\widehat{PNZP_s}$ 半个大圆叫午圈 (Upper meridian), $\widehat{P_sZ'P}$ 半个大圆叫子圈 (Lower meridian)。它们和测者子午线相互对应。同样, 对应于格林子午线的叫格林子午圈或格林午圈、格林子圈。

其次, 通过地球中心, 作垂直于测者铅垂线的平面和天球相交的大圆 $\widehat{NESW}$ 叫测者的真地平 (True horizon)。显然, 测者在地球上的位置不同, 它的真地平也各异。真地平 and 子午圈交成两点: P_N 附近的 N 叫北点 (North point), P_s 附近的 S 叫南点 (South point); 真地平 and 天赤道交成两点: 午圈以东的一点 E 叫东点 (East point), 午圈以西的一点 W 叫西点 (West point), 它们和南北点的弧距各等于 90° , 由此在天球上形成 NE 、 NW 、 SE 和 SW 四个象限。所以在天球上, 方向的确定, 和地面上是一致的, 只不过是主体的。

三. 和天体直接关联的点和圆

设在天球上有一个天体 X , 通过天体 X 和两个天极的半个大圆叫该天体的时圈 (Hour circle), 如图 1-2 的 $\widehat{PNXP_s}$ 。天球上的时圈, 相当于地球上的物标经度线。在天球上, 天体的位置不同, 它们的时圈也各不同。

又通过天体和测者天顶天底的大圆叫该天体的方位圈 (Azimuth circle), 如 $\widehat{ZXZ'}$ 就是天体 X 的方位圈, 显然方位圈显然方位圈都垂直于真地平。

四. 天球区域的划分

由上述可见, 天球的点和圆与地球的点和圆, 基本上是对应的。归纳后, 可将天球划分成如下几个部分:

1. 天赤道分天球为两部分:

- (1) 北半天球——包括北天极;
- (2) 南半天球——包括南天极。

2. 子午圈分天球为两部分:

- (1) 东半天球——包括东点;
- (2) 西半天球——包括西点。

3. 真地平分天球为两部分:

(1) 上半天球——包括天顶和一个天极，这个极叫仰极 (Elevated pole)；

(2) 下半天球——包括天底和一个天极，这个极叫俯极。

由图 1-2 可见，在真地平以上的极叫仰极，在真地平以下的极叫俯极。仰极和测者的地理纬度必定同名，如测者在此纬，仰极是北天极；测者在南纬，仰极就是南天极。

1-2 赤道坐标

我们知道，在地球上是用地理坐标——经度和纬度来确定陆标位置，它是以两个互相垂直的大圆——赤道和格林经度线作为起算基础的。所谓经度或纬距，是在赤道或经度线上的一段弧距，符号用 λ 或 ϕ 来表示。

同样，在天球上也可以根据这种方法来确定天体在天球上的位置。赤道坐标实质上就是将地球上地理坐标扩展到天球上去。这个坐标系是以天赤道和测者子午圈（或格林子午圈）为基准大圆，故名赤道坐标系。它的坐标是天体赤纬和天体时角。

一 天体赤纬—— δ 或 Dec

赤纬类似纬度。天赤道或天体在天体时圈上所夹的弧距叫天体赤纬 (Declination)，简号用 δ 或 Dec。它的度量法和纬度相同，是由天赤道起向北或南量到天体中心，从 0° 到 90° ，分别叫北赤纬或南赤纬，并附以 N 或 S。如图 1-3：

天体 B $\delta^B = \widehat{DB} = 45^\circ N$

天体 C $\delta^C = \widehat{FC} = 60^\circ S$

又仰极和天体在天体时圈上所夹的弧距叫天体极距 (Polar distance)，简号用 p 。它是由仰极算起到天体，从 0° 到 180° 。如图 1-3：

天体 B $p^B = \widehat{P_N B} = 45^\circ$

天体 C $p^C = \widehat{P_N C} = 150^\circ$

二 天体时角—— t 或 H. A

时角类似经度。午圈和天体时圈在天赤道上所夹的弧距，或午圈和天体时圈在仰极处所形成的球面角叫天体时角 (Hour Angle)。由于起算的经度不同

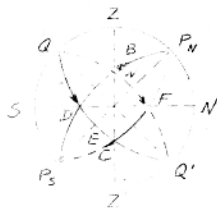


图 1-3

可分为格林时角和地方时角。

由格林午圈算起的时角叫天体格林时角，简号用 t^G 或 $G.H.A$ (Greenwich Hour Angle)。

由测者午圈算起的时角叫天体地方时角，简号用 t 或 $L.H.A$ (Local Hour Angle)。

天体时角的度量法和经度相似，有两种度量法：

1. 西向时角：由午圈算起，向西从 0° 到 360° ，一般西向时角不标符号，应理解是西向的。格林时角在航海天文历中可以查到，所标时角都是指西向的；

2. 东向时角：由午圈算起，向西或向东从 0° 到 180° ，这时在时角后面附以 W (西) 或 E (东) 的符号，它由天体在东半天球或西半天球而定。

在实际计算中，往往把超过 180° 的西向时角换算成小于 180° 的东向时角，因右球面三角形的边或角都小于 180° ，所以需要采用小于 180° 的地方时角。由图 1-3 可见：

(1) 当 $t < 180^\circ$ 时，天体位于西半天球。

$$\text{应用时角} = \text{西向时角} \quad (1-1)$$

(2) 当 $t > 180^\circ$ 时，天体位于东半天球。

$$\text{应用时角} = 360^\circ - \text{西向时角} = \text{东向时角} \quad (1-1')$$

这里东向时角是用 360° 反减，一定要标注方向符号 E 。时角的表示法和换算如下：

	西 向 时 角	应 用 时 角
天体 B	$t^B = \widehat{QWQ'D} = 300^\circ$	$t^B = \widehat{QC} = 360^\circ - 300^\circ = 60^\circ E$
天体 C	$t^C = \widehat{QWF} = 130^\circ$	$t^C = \widehat{QWF} = 130^\circ$

三、格林时角、地方时角和经度的关系

天文计算中，往往又需要由格林时角换算成地方时角，它们又和经度有什么关系呢？如图 1-1 所示， G 表示格林观测， A 表示在东经的测者， $\widehat{PNZG}$ 是格林午圈， $\widehat{PNZP}$ 是测者午圈， $\widehat{PNXP}$ 是天体 X 的时圈， $\angle ZGPNX$ 是天体的格林时角， $\angle ZPAX$ 是测者 A 的天体地方时角。由图不难看出，天球上的格林午圈和测者午圈是由地球上的格林经度线和测者经度线扩展而来的。天体的地方时角也可以看作是天体在地球上投影点 X —— 假经线地心

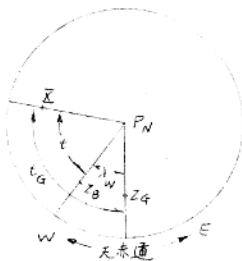
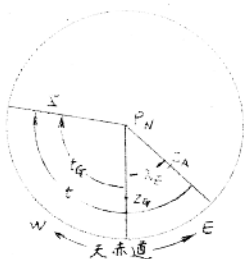


图 1-4

和天体的直线交于地球表面上的一点的经度和测者经度之间的经度差。而天体投影点的经度在天球上等于天体的格林时角。下面用天赤道平面图表示，如图 1-4 所示：ZA 和 ZB 分别表示在东经和西经测者的天顶，可得出格林时角、地方时角和测者经度之间的关系式：

$$\text{天体地方时角} = \text{天体格林时角} \pm \text{经度 } E$$

$$\text{即 } t = t_G \pm \lambda_W \quad (1-2)$$

例 1-1：设格林时角 $t_G = 30^\circ$ ，测者经度 $\lambda = 70^\circ E$ ，求地方时角 $t = ?$

解：由公式 (1-2)

$$t = t_G + \lambda_E = 30^\circ + 70^\circ = 100^\circ$$

例 1-2：设格林时角 $t_G = 30^\circ$ ，测者经度 $\lambda = 70^\circ W$ ，求地方时角 $t = ?$

解：由公式 (1-2)

$$\begin{aligned} t &= t_G - \lambda_W \\ &= 30^\circ - 70^\circ \\ &= (360^\circ + 30^\circ) - 70^\circ \\ &= 320^\circ \\ &= 40^\circ E \end{aligned}$$

上例，由于 $(30^\circ - 70^\circ)$ 不够减，加上 360° ，即借同一周，

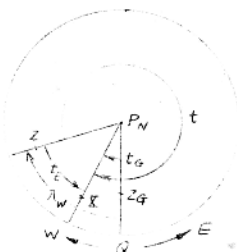


图 1-4

便可求得。若 $t_G + \lambda_E$ 后超过 360° ，可直接减去 360° ，时角方向仍然是西向的。

思考题一、赤道坐标

1. 怎样在天球上定出北天极、南天极、天赤道和天顶、天底。它们的哪些是定点？哪些是动点？

2. 何谓子午圈，怎样区分午圈和子圈，它们的界限在哪？

3. 何谓天体时圈，它和子午圈有何同异？

4. 何谓天体时角，从哪量到哪，向何方？从子圈量起对不对？

5. 一般的西向时角和应用时角各量到多少度，如何标注方向？当 $t < 180^\circ$ ，时角标什么方向。当 $360^\circ > t > 180^\circ$ ，时角标什么方向，怎样换算？

6. 格林时角、地方时角和经度有什么关系，怎样理解它们的加或减，试画天赤道平面图弄清它们之间的关系。

习题一

1. 已知太阳格林时角 $t_G^\circ = 300^\circ$ ，测者经度 $\lambda = 120^\circ E$ ，求太阳地方时角 t_G° ？

2. 已知 $t_G^\circ = 300^\circ$ ， $\lambda = 30^\circ W$ ，求 t° ？

3. 已知太阳格林时角 $t_G^\circ = 250^\circ 15.2$ ，推算经度 $\lambda_t = 122^\circ 54' E$ ，求太阳地方时角 t° ？

4. 已知 $t_G^\circ = 128^\circ 25.0$ ， $\lambda_t = 83^\circ 20.9 W$ ，求 t° ？

5. 已知 $t_G^\circ = 205^\circ 45.2$ ， $\lambda_t = 125^\circ 30.9 E$ ，求 t° ？

6. 已知 $t_G^\circ = 15^\circ 20.8$ ， $\lambda_t = 81^\circ 35.2 W$ ，求 t° ？

1-3 地平坐标

天文定位，除了用赤道坐标系确定天体在天球上的位置外，还用地平坐标系确定天体和测者之间的关系位置。这个坐标系是以真地平为测者子午圈与基准大圆，故名地平坐标系。它的坐标是天体高度和天体方位。

一 天体高度—— h 或 Ait

测者真地平（或水天线）和天体在天体方位圈上所夹的弧距叫天体高度（Altitude）。简号用 h 或 Ait 。它由真地平算起。

向天顶方向量到天体，从 0° 到 90° ，如图 1-5：

天体 B $h^B = \widehat{KB} = 50^\circ$

显然可见，天体在测者天顶时 $h = 90^\circ$ ，在地平上 $h = 0^\circ$ 。若天体在地平以下，高度为负，如

天体 C $h^C = \widehat{LC} = -50^\circ$

又从天顶到天体在天体方位圈上所夹的弧距叫天体顶距 (Zenith distance)，简号用 z 。它由天顶量到天体，从 0° 到 180° ，如图 1-5。

天体 B $z^B = \widehat{ZB} = 40^\circ$

天体 C $z^C = \widehat{ZC} = 140^\circ$

显然 $h + z = 90^\circ$

或 $z = 90^\circ - h$

(1-3)

二、天体方位——A 或 F

测者子午圈和天体方位圈在真地平上所夹的弧距叫天体方位 (Azimuth)。它也可以用子午圈和方位圈在天顶处所形成的球面角来度量。简号用 A 或 F。

天体方位有两种度量法：

1 半圆周法：测者在此半球，由北算起，向东或向西计算，从 0° 到 180° 。测者在南半球，由南算起，向东或向西计算，从 0° 到 180° 。半圆周法一定要标注方向符号，第一个符号表示起算点，和纬度同名；第二个符号表示向那个方向 (E 或 W) 度量，即天体在东半球或西半球，它与天体应用时角同名。如图 1-5：

天体 B $A^B = \widehat{NK} = 70^\circ \text{NE}$

天体 C $A^C = \widehat{NWL} = 100^\circ \text{NW}$

2 圆周法：就像天文航海常用的方位度量法，不论测者在此纬或南纬，一律由北起顺时针方向计算，从 000° 到 360° 。圆周法不必标注方向符号，但要写三位数字。如图 1-5：

天体 B $A^B = \widehat{NK} = 070^\circ$

天体 C $A^C = \widehat{NESL} = 260^\circ$

实际计算中，多采用半圆周法，而画海图时，对照罗经花却

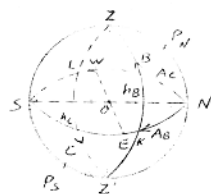


图 1-5

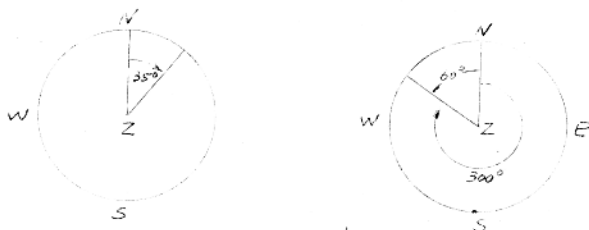


图 1-5'

采用圆周法的方位角。因此必须学会互相换算，尤应注意在南半球的情况。

例 1-3：设测者在北半球，半圆周法方位角 $A_1 = 35^\circ NE$ ， $A_2 = 60^\circ NW$ ，换算成圆周法方位角。

解： $A_1 = 35^\circ NE = 035^\circ$

$A_2 = 60^\circ NW = 360^\circ - 60^\circ = 300^\circ$

其中由于 A_2 在 NW 方向，应该用 360° 反减。

例 1-4：设测者在南半球，半圆周法方位角 $A_3 = 145^\circ SE$ ， $A_4 = 120^\circ SW$ ，换算成圆周法方位角。

解： $A_3 = 145^\circ SE = 180^\circ - 145^\circ = 035^\circ$

$A_4 = 120^\circ SW = 180^\circ + 120^\circ = 300^\circ$

其中：(1) A_3 在 SE 方向，比 180° 小，应该用 180° 反减。

(2) A_4 在 SW 方向，比 180° 大，应该用 180° 加 A_4 。

三. 仰极高度和测者纬度的关系

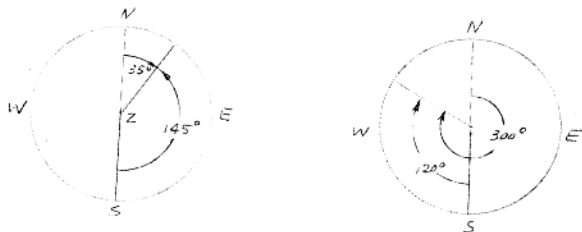


图 1-5''

如图 1-6, 设测者在北纬 P_N 是仰极, $\widehat{NP_N}$ 是仰极高度, $\widehat{QZ}$ 是由地球上的测者地理纬度 $\widehat{ZA}$ 扩展而来, 则 $\widehat{QZ}$ 等于测者纬度。

$$\widehat{NP_N} + \widehat{P_NZ} = 90^\circ = \widehat{QZ} + \widehat{P_NZ}$$

$$\therefore \widehat{NP_N} = \widehat{QZ}$$

$$\text{故 } h^P = \varphi \quad (1-4)$$

就是说, 仰极的高度等于观测者的纬度。

从公式 (1-4) 可以看出, 仰极的高度是随着测者的纬度而变动的。纬度越高, 仰极的高度越大。

思考题二 地平坐标

1 何谓天体方位图, 它和天体时图有何不同? 在什么情况下二者重合。

2 何谓天体高度, 从哪量到哪?

3 何谓天体顶距, 它和天体高度有何关系?

4 何谓天体方位, 有那两种度量法, 起迄范围, 各量到多少度, 如何标注方位?

5 当测者在北纬或南纬, 方位的两种度量法的换算, 各有何不同, 应特别注意什么?

6 何谓仰极, 仰极高度和测者纬度有何关系? 画图说明。

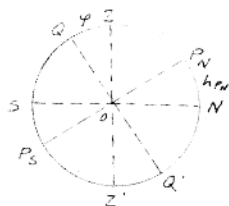


图 1-6

习题二

1 测者在北纬, 天体高度 $h = 30^\circ$, 天体方位 $A = 110^\circ NW$, 求顶距 $Z = ?$ 并将 A 换算成圆周表示法。

2 测者在南纬, $A_1 = 85^\circ SE$, 和 $A_2 = 15^\circ SW$, 各换算成圆周法。

3 测者在北纬, $h = 20^\circ$, $A = 225^\circ$, 求顶距 Z ? 并将 A 换算成半圆周表示法。

4 测者在北纬, $h = 45^\circ$, $A = 95^\circ NW$, 求顶距 Z ? 并将 A 换算成圆周表示法。

5 测者在北纬 $A_1 = 140^\circ NW$ 和 $A_2 = 70^\circ NE$, 各换算成圆周法。

6. 测者在南纬, $A_1 = 68^\circ \text{SE}$ 和 $A_2 = 68^\circ \text{SW}$, 若换算成圆周法。

7. 当测者纬度 $\varphi = 15^\circ \text{N}$, 那个天极是仰极, 那个天极是俯极? 仰极或俯极的高度和方位各多少度? 试画简图说明。

1-4 天文三角形

前面已经说明, 测者子午圈是赤道座标同时也是地平座标的共同基准大圆, 因此这两种座标可以联合在一起, 组成天文三角形。只要在测者的纬度, 同时知道天体的任何两个座标值, 便可以求得其他座标值。

一. 天文三角形

如图 1-7, 设测者在此纬, 在天球上由测者午圈、天体时圈和天体方位圈构成的球面三角形 (Spherical triangle) $\triangle PNX$, 叫天文三角形。它的顶点是 P_N 、 Z 和 X , 各边角是:

三边	$\widehat{PNZ} = 90^\circ - \varphi$	—— 余纬
	$\widehat{PNX} = 90^\circ - \delta = p$	—— 极距
	$\widehat{ZX} = 90^\circ - h = z$	—— 顶距
三角	$\angle PNZX = A$	—— 方位角
	$\angle ZPNX = t$	—— 地方时角
	$\angle PNXZ = q$	—— 天体位置角

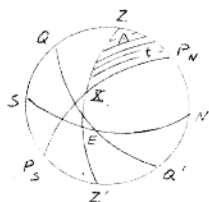


图 1-7

由此可见, 天文三角形实际就是一个球面三角形。若将已知的边和角, 代入球面三角公式计算, 便可求出未知的边和角。

二. 解天文三角形求天体高度和方位

天文应用中, 通常按已知的测者推算纬度、天体赤纬和时角, 求天体的计算高度和计算方位。常用的公式有:

余弦公式: $\cos c = \cos b \cdot \cos a + \sin b \cdot \sin a \cdot \cos C$

正弦公式: $\sin a \cdot \sin b = \sin A \cdot \sin C + \cos b \cdot \cos C$

如图 1-8 所示, 将相应值代入上式, 得下列公式:

$$\cos(90^\circ - h) = \cos(90^\circ - \varphi) \cdot \cos(90^\circ - \delta) + \sin(90^\circ - \varphi) \cdot \sin(90^\circ - \delta) \cdot \cos t$$

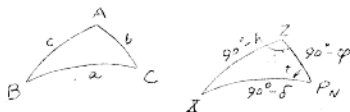


图 1-8

$$\text{故 } \sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t \quad (1-5)$$

$$\text{又 } \operatorname{ctg}(90^\circ - \delta) \cdot \sin(90^\circ - \varphi) = \operatorname{ctg} A \cdot \sin t + \cos(90^\circ - \varphi) \cdot \cos t$$

$$\text{故 } \operatorname{ctg} A = \cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \delta \cdot \csc t - \sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} t \quad (1-6)$$

因此可以利用这些公式，由已知坐标 φ, δ 和 t 求出计算高度 h_j 和计算方位 A_j 。这是基本公式，但有些计算也有用半正矢公式的，该式证明如下：

$$\text{半正矢： } \operatorname{hav} \alpha = \frac{1}{2} (1 - \cos \alpha)$$

$$\text{依 (1-5) } \sin h = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos t$$

$$\text{变换 } \cos Z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta - \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot (1 - \cos t)$$

$$\cos Z = \cos(\varphi - \delta) - \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot (1 - \cos t)$$

$$1 - \cos Z = 1 - [\cos(\varphi - \delta) - \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot (1 - \cos t)]$$

$$\text{乘 } \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} (1 - \cos Z) = \frac{1}{2} (1 - \cos(\varphi - \delta)) + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \frac{1}{2} (1 - \cos t)$$

$$\text{故 } \operatorname{hav} Z = \operatorname{hav}(\varphi - \delta) + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \operatorname{hav} t \quad (1-7)$$

式中 $\varphi - \delta$ ，同名相减，异名相加。至于具体计算方法，仍如附录球面三角中所述，在此从略。

第二节 六分仪

前节已简介 天体的赤道坐标可以由航海天文历中查得，它叫天体时角和赤纬。天体的地平坐标可以用公式计算求得，它叫天体的计算高度和计算方位。天文定位还要在海上利用水天线，观测天体求得真高度，这个真高度是用六分仪观测，经过高度改正后得出来的。本节就来研究六分仪的使用和求天体真高度等有关问题。

1-5 构造和原理

六分仪是船上的精密仪器，解放前都是用外国的。只有在解

放后，在毛主席“自力更生”的方针指引下，我国自己制造了国产航海六分仪，它的优点是物美、价廉，使用轻便，这是党对航海事业的重视和大力支持，我们必须以高度的设备观念和政治责任感，“对技术精益求精”，苦练测天本领，为支援世界革命开好船。

一 六分仪的构造

六分仪可以测量物标的垂直角、两物标间的水平夹角和天体高度，它的构造部件如下：

1. 架身和刻度弧 (Limb)：刻度弧在架身的圆弧上，每格 1° ，一般余弧 (Arc of excess) 5° 到主弧 (Arc of a sextant) 140° 。

2. 指标杆 (Index bar)：可以从刻度弧平面移动，下端缺 $\square$ ，刻有指标线，用来指示刻度弧上的测角度数。

3. 鼓轮 (Drum)：安装在指标杆末端的蜗轮螺杆上，一整圆刻有 60 格，每格代表 $1'$ ，用来读取分的数值。

4. 游标 (Vernier)：鼓轮旁刻有小游标，有六格 (或五格)，每格表示 $10''$ (或 0.2)。

5. 松紧夹 (Clamping screw)：是指标杆的制动装置，必须捏住它移动指标杆。

6. 动镜 (Index glass)：又叫指标镜，垂直安装在刻度弧平面的圆心上，随指标杆而转动，用来反射物标影像。动镜背面有一个调整螺丝，用来校正动镜的误差——垂直差。

7. 定镜 (Horizontal glass)：又叫地平镜，垂直固定在架身上，一半涂有水银，可反射物标影像，另一半是透明玻璃，用来直接观测物标。背面有两个调整螺丝，用来校正定镜的误差——地平差和指标差。

8. 色片 (Coloured shade)：是彩色玻璃片，深浅程度不同，用来遮挡强光，以防刺眼。

9. 望远镜 (Telescope)：用来观察和放大目标。它的目镜能活动，可以调整焦点，使物标清晰便于观测。

10. 另外还有支架和把手。把手内能装照明用的电池，把手上设有开关按钮。

二 六分仪的测角原理

如图 1-10 所示, X 是天体, H 是水天线, A 是动镜, B 是定镜, LL' 是刻度弧。现在要在 C 测量天体和水天线之间的垂直夹角 h 。当测者从 C 向 CB 方向看去, 能直接从 B 镜的透明部分看到 H 。当转动 A 镜到适当位置时, 两镜平面成夹角 w , 天体 X 将通过 A 、 B 镜二次反射到 C 。这时能同时看到天体 X 和水天线 H 重合。

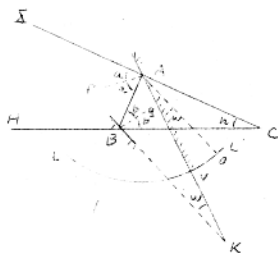


图 1-10

由图可见, AP 和 BQ 是法线, 根据光学原理: 入射角等于反射角。可得:

$$\angle XAP = \angle BAP = a$$

$$\angle ABQ = \angle CBQ = b$$

$$\text{从 } \triangle ABC \text{ 中 } 2a = h + 2b \quad \therefore h = 2(a - b)$$

$$\text{从 } \triangle ABK \text{ 中 } 90^\circ + a = w + (90^\circ + b)$$

$$\therefore w = a - b$$

故

$$h = 2w$$

(1-8)

上式说明, 当测者用六分仪同时看到天体的反射影像和水天线重合时, 物标的测角 (h) 二倍两镜平面的夹角 (w)。只要知道两镜的夹角 w , 那么, 使之 $2w$, 就是两物标间的测角即天体的高度 h 。 $2w$ 的度数, 可以从刻度弧上读取。度数的刻法如下:

当转动 A 镜平行 B 镜时, 两镜平面夹角 $w = 0^\circ$, 即 $a = b$, 将标线指在刻度弧上的位置定为 0° 。当 A 、 B 两镜夹角不同, 也应刻出其它不同的相应度数。由圆心角可以用它所对的圆弧来度量, 为读数方便——不进行 2 乘 w , 在刻度弧上, 将实际的 1° 当 2° 用, 即实际的 1° 刻成 2° , 这样所读出的度数就是两物标间的夹角, 即天体的高度 h 。比如将实际的 60° , 在刻度弧上刻成 120° , 60° 刚好是圆周 360° 的 $\frac{1}{6}$, 即刻度弧约为圆周的六分之一, 故名六分仪 (Sextant)。