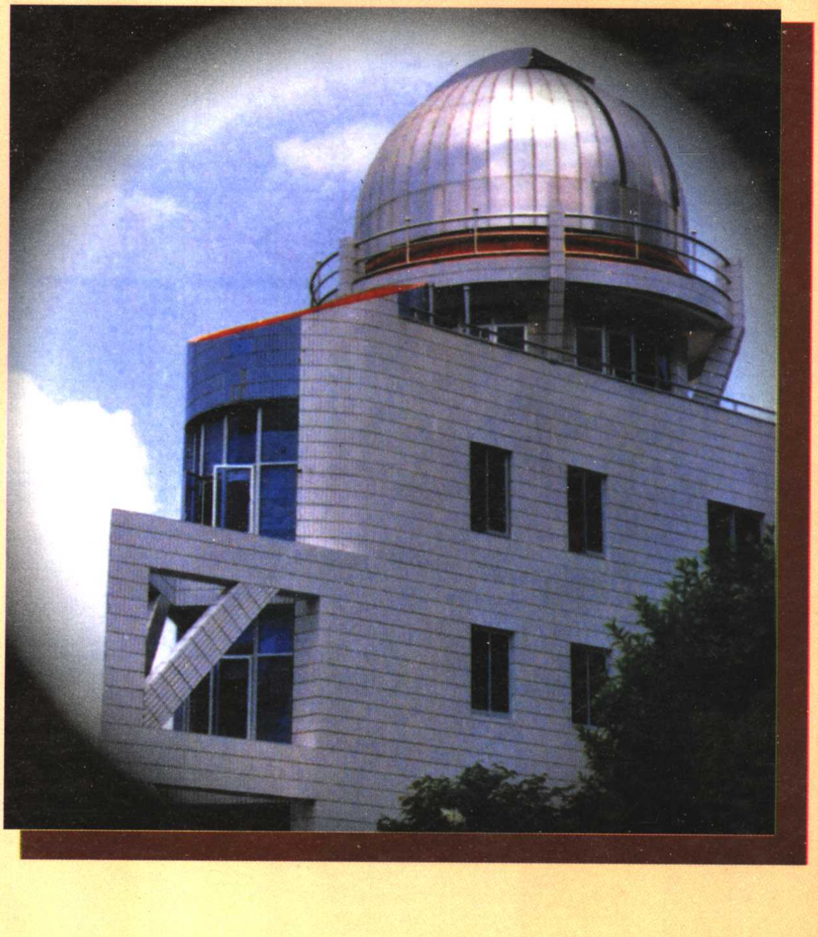
天文摄影与望远镜使用

卢保罗　蓝松竹　张元东　编著



科学出版社

天文摄影与望远镜使用

卢保罗　蓝松竹　张元东　编著

科学出版社

1998

内 容 简 介

本书全面介绍天文望远镜的构造、性能及使用方法，同时叙述天体摄影的方法及暗室技术. 这些知识与技术是开展天体摄影与天文普及活动所必需的.

本书供全国中、小型天文台、站，广大天文爱好者及业余天文工作者使用，对专业天文工作者亦有参考作用. 对于关心天文学的广大摄影爱好者，本书是必备的手册性书籍.

图书在版编目(CIP)数据

天文摄影与望远镜使用/卢保罗等编著. —北京：科学出版社，1998.5

ISBN 7-03-006324-4

Ⅰ. 天… Ⅱ. 卢… Ⅲ. ①天文摄影 ②天文望远镜-使用 Ⅳ. P123

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 22679 号

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行　各地新华书店经售

*

1998 年 5 月第 一 版　　开本：787×1092 1/16

1998 年 5 月第一次印刷　　印张：7¼ 插页：4

印数：1—2 200　　字数：163 000

定价：15.00 元

前　言

近年来，我国的天文普及事业有较大的发展，各地陆续建立了不少青少年天文观测台；各台拥有口径为 150mm 至 450mm 的望远镜（均有照相设备）. 天文观测逐渐由目视观测转入照相观测阶段，即进入一个更高级的阶段. 同时也涌现出不少较好的天文摄影作品. 1994 年中国天文学会普及工作委员会举办了全国第一届天文摄影比赛. 参赛作品种类之多，质量之好，都令人高兴. 但是，各地的发展仍不平衡. 有些仪器尚没有开展照相观测；不少望远镜使用效率不高.

中国天文学会普及工作委员会为了更好地开展天体摄影，促进天文普及事业，于 1993 年 11 月在南京举办了"天文摄影与望远镜使用培训班". 本书作者和胡中为教授一起担任教学工作. 在办班之后，作者一致认为，从提高仪器使用效率与摄影理论来看，有必要写出这样一本书来，供整个社会使用，使我国的天文普及事业更上一层楼. 这就是本书出版的缘由与目的.

天体摄影具有客观性、累积性和资料性的特点或优点. 目视观测时，各人对于天体表面细节的认识是不尽相同的，可能具有"人差". 而照相观测，能客观地反映天体真象. 其次，照相底片具有累积光的特性. 在长时间曝光的条件下，可拍得更暗弱的天体. 在适当曝光时，能拍得更清晰的表面. 此外，照相底片易于保存、入库，可以随时取出作测量和研究，任何人都可以使用. 这就是天体摄影具有的资料性. 目视观测是不可能具有这些优点的. 所以，自从 1839 年照相术（归功于法国的达盖尔等人）发明后不久，1840 年约翰・德雷珀就用口径 8cm 折射望远镜曝光 20min 拍得了世界第一张月亮照片. 1850 年哈佛大学天文台的威廉・邦德与惠普尔首次拍得恒星（织女星与北河二）的照片. 1872 年亨利・德雷珀（约翰・德雷珀之子）成功地拍得织女星的光谱（首次拍摄恒星光谱）. 1880 年亨利・德雷珀用 28cm 折射镜曝光 51min，首次获得猎户座大星云形象. 1881 年亨利・德雷珀又拍得了塔布特彗星的彗尾及其光谱片，开始了暗光光谱的工作. 此后，各种各类的天体照片及光谱片陆续获得. 还发明了各种专用的天体照相仪. 于是，天体照相测量学和天体物理学蓬勃发展起来. 当前，要想搞天文研究，都离不开天体摄影. 由于电子耦合器件（CCD）的广泛应用及电子计算机的辅助，天文观测与研究，不再像过去那么困难了. 天文学正在日新月异地发展着.

在大概了解了天体摄影的历史之后，我们来看看本书的主要内容. 它基本上分为三部分，一部分是介绍望远镜及其使用方法的；另一部分是讲摄影原理与暗室技术的；再一部分就是各类天体的具体的摄影方法. 天体摄影是实践的科学，有机会时需要多多进行拍照，从中选 出较好的来用. 我国的各大天文台都有丰富的经验，可供学习. 此外，业余天文摄影家林启生、黄衍蕃、刘合群等人的作品，也值得学习与借鉴.《天文爱好者》杂志上也常登载一些爱好者拍的天体照片，供大家参考.

本书写作分工如下：第一、三、七章由张元东执笔；第二、六、八章由卢保罗执笔；第四、五、九章由蓝松竹执笔. 前言、附录及全书统编由张元东承担.

中国天文学会普及工作委员会提供了历届全国天文摄影比赛中的一些优秀的天体照片.

本书的出版得到中国科学院南京天文仪器研制中心的大力帮助;得到中国天文学会普及工作委员会的指导与帮助.在此,谨对他们致以衷心的感谢!

由于作者水平有限,文中难免有缺点和错误,希读者批评指正.

作者

1996年12月

目　录

第一章　球面天文学基础 …… 1

§1.1　天球坐标系 …… 1

§1.2　恒星时与平时 …… 4

§1.3　坐标换算 …… 6

§1.4　内插法 …… 7

§1.5　测定南北线的简易方法 …… 9

第二章　天文望远镜及其附属设备 …… 11

§2.1　天文望远镜的光学系统 …… 11

§2.2　天文望远镜的基本光学性能参数 …… 15

§2.3　望远镜的装置 …… 18

§2.4　望远镜的转仪钟 …… 20

§2.5　望远镜的终端设备 …… 21

§2.6　天文摄影用的附件及使用方法 …… 26

§2.7　天文望远镜的选择与维护 …… 27

§2.8　国产大、中型望远镜简介 …… 31

第三章　望远镜使用方法 …… 36

§3.1　赤道式望远镜的观测方法 …… 36

§3.2　地平式望远镜的观测方法 …… 37

§3.3　极轴的调整 …… 38

§3.4　天文摄影中的导星方法 …… 39

第四章　天文摄影的基本方法 …… 41

§4.1　天文摄影的器材及要求 …… 41

§4.2　感光材料的基础知识 …… 43

§4.3　底片的敏化处理 …… 46

§4.4　天文摄影的基本方法及适用范围 …… 48

第五章　暗室技术 …… 52

§5.1　暗室的基本设备 …… 52

§5.2　底片的显影与定影 …… 53

§5.3　印像与放大照片的设备和方法 …… 55

第六章　太阳的照相 …… 57

§6.1　太阳光球的照相、黑子的照相 …… 57

§6.2　日食的照相 …… 59

第七章　月亮与行星的照相 …… 64

§7.1　月相的照相 …… 64

§7.2 月面细节的照相…… 65
§7.3 月食的照相…… 66
§7.4 行星的照相…… 69
第八章 彗星的照相 …… 72
§8.1 彗星的大尺度照相…… 72
§8.2 彗头的照相…… 73
第九章 星团与星云的照相 …… 75
§9.1 星团的照相…… 75
§9.2 星云的照相…… 77
附录 1 儒略日表 …… 80
附录 2 化平太阳时为恒星时 …… 83
附录 3 化恒星时为平太阳时 …… 87
附录 4 化时分秒为日的小数 …… 91
附录 5 我国主要城市的地理经纬度表 …… 94
附录 6 磁偏角表 …… 95
附录 7 我国可见的日食表(1998～2020 年) …… 96
附录 8 我国可见的月食表(1998～2020 年) …… 97
附录 9 明亮行星动态(1995～2000 年) …… 98
附录 10 常见的短周期彗星 …… 99
附录 11 梅西耶星云星团表 …… 100
附录 12 亮于 4 等星的星表 …… 103
附录 13 贝塞尔内插系数 …… 107
附录 14 贝塞尔内插二次差订正 …… 109
附录 15 天体照片记录表 …… 110

第一章　球面天文学基础

§1.1　天球坐标系

天文学是研究天体的科学，详细点说，是研究天体的运动、物理化学性质及演化规律的科学，并且将这种研究成果用来为人类服务．但是，要了解天体的运动，首先就要观测天体的位置．这位置是以天球为背景来定的．

天球是一个假想的球面，它的球心是观测者的眼睛，而半径是无穷大的（在教学上常取为1个距离单位）．由于地球的半径与无穷大相比是微不足道的，故常将地心作为天球的球心．有时称它为“地心天球”．同样，如以太阳作为天球的球心，则此天球可称为“日心天球”．通常，如无特别注明，我们说的天球都是地心天球．

任何天体在天球上的位置可由两个坐标来表示．由于所取的起算点的不同，而有好几种不同的坐标系．常用的有地平坐标与赤道坐标两种．

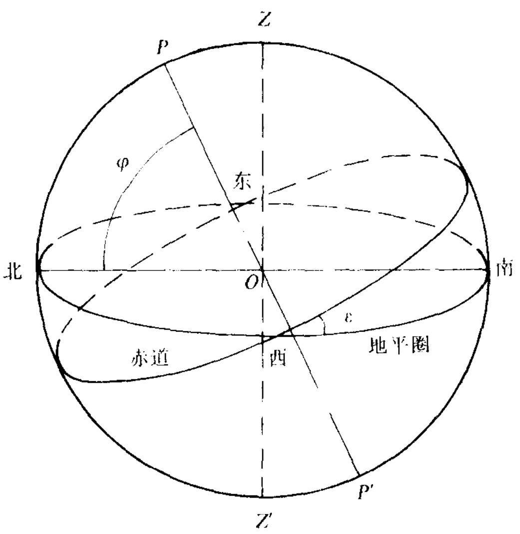


图1.1　天球基本线圈

一、地平坐标

在以观测者为中心的天球上，观测者头顶上方的那一点叫天顶(Z)，也就是铅垂线向上延长与天球相交的一点（图1.1）．通过球心而与铅垂线相垂直的平面为地平面，地平面与天球相交成地平圈．又设想将地轴往外无限延长与天球相交的两点，就是北天极(P)与南天极(P')．通过两极与天顶的大圈叫做子午圈．子午圈与地平圈相交于南点(S)与北点(N)．跟南、北极等远的大圈是天赤道（即地球赤道无限扩大跟天球相交成的大圈）．天赤

道与地平圈相交于东点(E)和西点(W). 这一些就是天球上的基本点与基本圈.

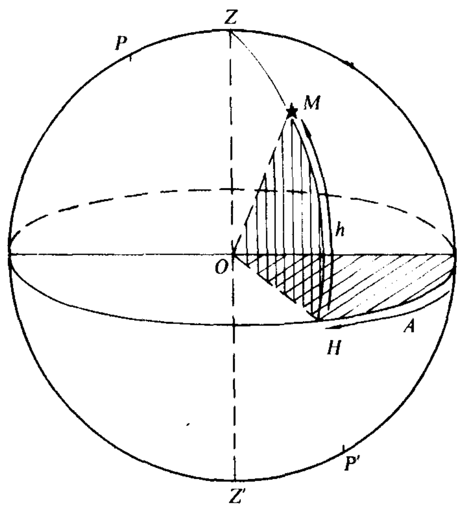


图 1.2　地平坐标

设有一天体(M)在天球上,那么,它的地平坐标为方位角 A 及高度 h(图 1.2).

我们通过天体作一大圆弧垂直于地平圈(即$\overset{\frown}{ZMH}$). 此大圆弧称为地平经圈的一段.

那么$\overset{\frown}{MH}$就是天体的高度 h. 高度由地平向上算,由 0°至 90°,天体与天顶的距离叫做天顶距(z),有关系式:

$$h + z = 90°$$

天体的地平经圈与子午圈的夹角,就是它的方位角 A. 通常 以南点为 0°,向西计量一周为 360°. (图 1.2 中 M 点的 A 约为 40°,h 约 50°),大地测量上方位角以北点为起点,与天文上的规定相差 180°.

不难证明,北天极在地平上的高度等于观测地的地理纬度. 北极星——小熊座 α 星(中名勾陈一)与北天极相距约 1°. 粗略定位,可按北极星来估计.

天体的高度与方位都是随时间在变化着的. 要想使天体的位置不随时间变化,就得利用赤道坐标系.

二、赤道坐标

天体的赤道坐标是赤经(α)和赤纬(δ). 它是以天极与天赤道为基准来确定的. 通过天体(M)与天极(P,P')的大圆叫做赤经圈,(图 1.3 示其一弧段). 天体与赤道的距离叫做赤纬(δ). 赤道的赤纬为 0°,沿赤经圈向南或向北计量至天极为 90°. 规定南、北半球的赤纬分别带负号与正号.

要规定天体的赤经,需要在天赤道上选一个点作为初始点. 这个点就是春分点($\varUpsilon$). 它是太阳由天球南半部进入北半部经过天赤道的那一点,这一天就是春分日.

天体的赤经就是它的赤经圈与春分点赤经圈在天极的交角,也可用赤道上的弧长来

量度. 赤经从春分点起算,向东计量,由 0^h 至 24^h 或 $0°$至 $360°$. 如图 1.3 中天体 M 的赤经约 3^h00^m,赤纬约 $+60°$.

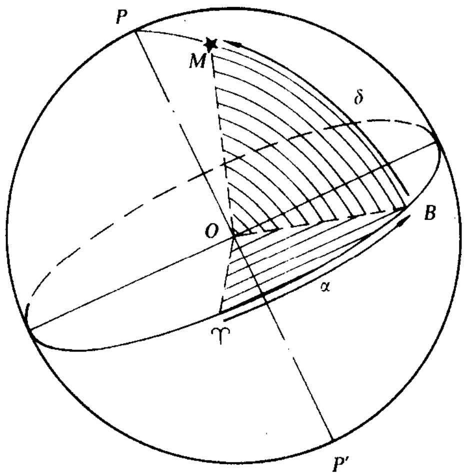


图 1.3 赤道坐标

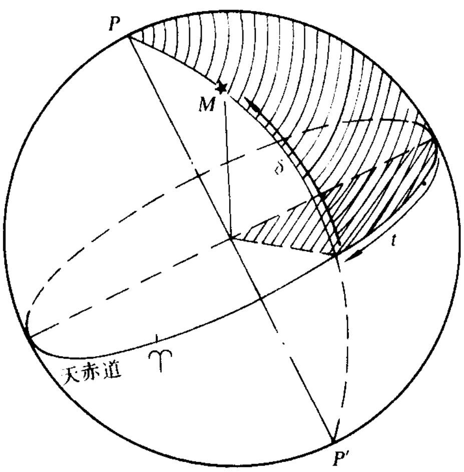


图 1.4 时角坐标

太阳的赤道坐标特别有用,粗略的值大家应当记住:

表 1.1 太阳周年视运动的位置

	春分(3.21)	夏至(6.22)	秋分(9.23)	冬至(12.22)
赤经	0^h	6^h	12^h	18^h
赤纬	$0°$	$+23°.5$	$0°$	$-23°.5$

许多重要天体(日、月、行星等)的赤道坐标,刊登在每年的《中国天文年历》或《天文普

及年历》中.

三、时角坐标

天体的时角坐标是时角 t 与赤纬 δ. 赤纬的定义与赤道坐标中的一样. 仅时角是以天体赤经圈(或时圈)与子午圈在天极的交角来计量的. 也可以两圈在赤道上所截的弧段来量度. 规定时角从子午圈向西计量,由 0°至 360°,或由 0^h 至 24^h.

由于地球的自转,天体在一昼夜中旋转一周(叫周日视运动). 它的时角就由 0°增加到 360°,或由 0^h 至 24^h. 因此,时角的数值可以表示时间.

图 1.4 所示的天体的时角约为 30°(或 2^h),赤纬约为+60°.

§1.2 恒星时与平时

一、计时系统

天体的运动与变化都是针对时间而言的,因此,时间的计量就成为天文学上的一个重大任务. 世界上不少天文台都在发播各种时间信号(时号)与标准频率,有收讯机的就可知准确的时刻或频标.

在天文学的发展史中曾根据地球的自转,即天体的周日视运动建立"世界时系统". 现代则依据原子内部某种运动规律,建立了"原子时系统". 原子时是一种理想的均匀的计时系统. 但为了观测研究天体的运动,又必须考虑地球的运动,因而有"协调时"的使用.

我们平常使用的"北京时间",实际上是协调时,即是以原子时秒累计的时间系统,但又兼顾到地球的自转运动 . 因此有时有加闰秒的现象. 闰秒一般加在年底或年中最后一天的最后一分钟,该分钟有 61s(闰秒设置是由设在巴黎天文台的国际时间局确定的). 对于我们天文观测来说,在不计及闰秒时,可认为"北京时间"就是世界时系统.

二、恒星时

恒惺时是天文学上应用的一种时间系统,它是以春分点的时角来计量的. 当春分点在子午圈上时(称为上中天),时角为 0°,此时的恒星时为 0^h. 在春分点西移过 15°时,恒星时为 1^h. 依此类推. 通常将春分点连续两次上中天的时间间隔,称为一个恒星日. 1 个恒星日分为 24 恒星小时,然后又细分为恒星时分、时秒.

在图 1.4 中,春分点(Υ)的时角为 $\alpha+t$,设用 S 表示,就有

$$S=\alpha+t$$

可见,只要知道一颗恒星的赤经与时角,就可以知道当时的恒星时. 如果恒星上中天,$t=0$,则 $S=\alpha$. 也就有恒星时等于上中天的恒星的赤经.

比如织女星(天琴座 α)的赤经约为 $18^h36^m22^s$,当它在子午圈上时,这时的地方恒星时就是 $18^h36^m22^s$.

三、恒星时单位与平时单位间的关系

恒星日实际上是地球自转的周期,是地球相对于无穷远的标准点(春分点)自转一周的时间. 但是地球相对于太阳而自转一圈的时间是一昼夜,这二者是不一样长的. 原因是

地球在自转的同时还围绕太阳公转着.

通常说的回归年是四季变化的周期,准确地说,是平太阳连续两次经过春分点的时间间隔.一个回归年长为 365.2422 平太阳日,但在这段时间间隔里包含了 366.2422 恒星日.即 365.2422 平太阳日等于 366.2422 恒星日.

由此可得

$$1\text{平太阳日}=\frac{366.2422}{365.2422}\text{恒星日}$$

$$=\left(1+\frac{1}{365.2422}\right)\text{恒星日}$$

$$=(1+\mu)\text{恒星日},\qquad \mu=\frac{1}{365.2422}$$

1 个平太阳时$=(1+\mu)$恒星小时,等等.

一般地有,m 个平太阳时单位$=m(1+\mu)$个恒星时单位.

设某一时间间隔用平时单位表示为 m,用恒星时单位表示为 S,则上式可写成:

$$S=m(1+\mu)=m+m\mu$$

另一方面,由上式可知

$$m=\frac{S}{1+\mu}=S\cdot\frac{365.2422}{366.2422}=S\left(1-\frac{1}{366.2422}\right)=S(1-\nu)$$

$$\nu=\frac{1}{366.2422}$$

总的说,恒星时单位长度比平时单位长度要短些.故在用平时化算为恒星时时,应当附加一个化算值.反之,由恒星时化算为平时时,则需减去化算值.

二者的化算值,可以直接从《中国天文年历》的附表 3、附表 2 中查取(参见本书附录).

四、化平时为恒星时

在进行天体观测时,经常需要知道观测时刻的地方恒星时(s),以便由它去求出该时的天体时角值($t=s-\alpha$),好按置望远镜.

在了解恒星时与平时的上述关系后,就容易求出地方恒星时.设地方平时为 m 时,地方恒星时为 s,则有公式:

$$s=s_0+m+m\mu$$

式中 s_0 为当日地方平时 0^h 的恒星时,可以从"世界时 0^h 的恒星时"S_0 化算出来,即

$$s_0=S_0-\lambda\mu$$

式中 λ 为所在地地理经度,化算值($\lambda\mu$)亦可从《中国天文年历》的附表 3(参见本书附录 2)中查到,或自行计算.对于一个地点来说,经度化算值($\lambda\mu$)为常数.

现举例如下:求 1995 年 6 月 5 日北京($\lambda=7^h15^m26^s$)地方平时 22^h40^m 的地方恒星时.

6 月 5 日世界时 0^h 的恒星时	$S_0=$	16^h	51^m	$48^s.81$
经度改正	$\lambda\mu=-$		1	16.46
当地 0^h 的恒星时	$s_0=$	16	50	32.35
地方平时	$m=$	22	40	00.00
化平时为恒星时的订正值	$m\mu=$		3	43.41
所求的地方恒星时	$s=$	15^h	34^m	$15^s.76$

至于地方平时的求法，也很简单.先由我们所用的“北京时间”化算为“世界时”，再加上所在地的经度，就是地方平时了.比如某地的经度为东径 $8^{h}05^{m}$，则在北京时间 21^{h} 时，它的地方平时为 $m=21^{h}00^{m}-8^{h}00^{m}+8^{h}05^{m}=21^{h}05^{m}$，用公式表示为：

$$m=T_8-8^{h}+\lambda$$

式中 T_8 表示东八时区的时间（北京时间），而 $(-8^{h}+\lambda)$ 对所在地是个常数.比如对上述地方，常数为 $+5^{m}$.那么在北京时间 23^{h} 的地方平时就是 $23^{h}05^{m}$.

§1.3 坐标换算

天体的赤道坐标 (α,δ) 与地平坐标 (A,h) 是可以互相换算的.

为了地平式望远镜的观测，应当事先将已知的赤道坐标换算为地平坐标.有一套计算公式可用.

设所在地的纬度为 φ，计划观测时刻的地方恒星时为 s，天体坐标为 (α,δ)，于是观测时刻的时角 $t=s-\alpha$.由时分秒化为度分秒，便于计算.

利用公式：

$$\begin{cases}\cos h\ \sin A=-\cos\delta\ \sin t\\ \cos h\ \cos A=\cos\varphi\sin\delta-\sin\varphi\cos\delta\ \cos t\\ \sin h=\sin\varphi\sin\delta+\cos\varphi\cos\delta\ \cos t\end{cases}$$

例如，$\varphi=35°$N 地方，当地方恒星时 $s=15^{h}25^{m}$ 时，织女星 $(\alpha=18^{h}36^{m}.1,\delta=+38°46')$ 的地平坐标 (A,h) 为何？

［解］ $t=s-\alpha=15^{h}25^{m}.0-18^{h}36^{m}.1=-3^{h}11^{m}.1=-47^{\circ}.775$

$$\delta=+38°46'$$

$\cos t=+0.6720$

$\sin t=-0.7405$

$\cos\varphi=40.8192$

$\sin\varphi=+0.5736$

$\cos\delta=+0.7797$

$\sin\delta=+0.6262$

$\cos h\ \sin A=+0.5774\cdots$①

$\cos h\ \cos A=+0.2124\cdots$②

①÷②

$\mathrm{tg}A=+2.7185$

$A=69°48'$（北点向东计量）

$\sin A=+0.9385$

$\cos h=+0.6152$

$h=52°02'$

有电子计算器的，可预先编个计算程序，很容易得到所要求的地平坐标值.

如果想由观测所得的天体的地平坐标，换算为赤道坐标，也有一套计算公式可用.

已知观测时刻，若为世界时的，应化算为地方恒星时 s（参考上一节）.

计算公式为

$$\begin{cases}\sin\delta=\sin\varphi\sin h-\cos\varphi\cos h\ \cos A\\ \cos\delta\ \sin t=\cos h\ \sin A\\ \cos\delta\ \cos t=\sin h\ \cos\varphi+\cos h\ \sin\varphi\cos A\end{cases}$$

在求得 δ 与 t 后，由 $\alpha=s-t$ 去求天体的赤经，最后有天体坐标 (α,δ).

§ 1.4　内插法

在使用任何一种表示一个数量(函数)与另一个数量(自变数)之间的关系的数值时，常常需要求在自变数的两个数值之间的函数值，即是需要作内插.

如果函数的变化与自变数的变化成正比，这种函数称为线性函数. 在这种情况下，我们只要作线性内插就可以了.

线性内插公式的来历如下：

自变量	函数
x_1	y_1
x	(y)?
x_2	y_2

设 x 为 x_1、x_2 之间的自变数，y 为相应的函数，$a=y_2-y_1$，叫做一次差，则有

$$y=y_1+\frac{x-x_1}{x_2-x_1}a$$

令 $\theta=\dfrac{x-x_i}{x_{i+1}-x_i}$，则一般地有　$y=y_i+\theta a$.

平常在查数表时用的比例法，就是线性内插，因为已假定该数表是线性关系的.

但在大多数情况下，函数变化并不均匀，函数不是线性的. 这时，需要求出二次差，三次差等，再利用复杂的内插公式来计算. 天文年历表所用的内插公式有好几种，最常用的是贝塞耳内插公式. 现介绍如下：

设表列时刻的间隔为 w，现在要求某时刻 t 时的某一天体的某种数据 $f(t)$. t 不是表列时刻，而是在表列时刻 t_0 和 t_0+w 之间，则内插因子 n 为

$$n=\frac{t-t_0}{w}\quad 或\quad t=t_0+nw,\quad 0<n<1$$

再列出 t_0 前后表列的数值，并作出各次差分如下：

	一次差	二次差	三次差	四次差	五次差
$f_{-2}=f(t_0-2w)$					
	$\Delta'_{-\frac{3}{2}}$				
$f_{-1}=f(t_0-w)$		Δ''_{-1}			
	$\Delta'_{-\frac{1}{2}}$		$\Delta'''_{-\frac{1}{2}}$		
$f_0=f(t_0)$		Δ''_0		Δ^{IV}_0	
	$\Delta'_{+\frac{1}{2}}$		$\Delta'''_{+\frac{1}{2}}$		$\Delta^{\mathrm{V}}_{+\frac{1}{2}}$
$f_1=f(t_0+w)$		Δ''_{+1}		$\Delta^{\mathrm{IV}}_{+1}$	
	$\Delta'_{+\frac{3}{2}}$		$\Delta'''_{+\frac{3}{2}}$		
$f_2=f(t_0+2w)$		Δ''_{+2}			
	$\Delta'_{+\frac{5}{2}}$				
$f_3=f(t_0+3w)$					

表中 Δ 表示差分，其右上标表示“次”，如 Δ' 表一次的差. $\Delta'_{\frac{1}{2}}=f_1-f_0$，$\Delta'_{-\frac{1}{2}}=f_0-f_{-1}$，等等. 二次差 Δ''是据一次差来算的，如 $\Delta''_0=\Delta''_{+\frac{1}{2}}-\Delta''_{-\frac{1}{2}}$，依此类推.

求对于 $t=t_0+nw$ 的函数 $f(t)$，贝塞尔内插公式为

$$f(t_0+nw)=f(t_0)+n\Delta'_{+\frac{1}{2}}+\frac{n(n-1)}{2\cdot 2!}(\Delta''_0+\Delta''_{+1})$$

$$+\frac{n(n-1)(n-\frac{1}{2})}{3!}\Delta'''_{+\frac{1}{2}}+\frac{(n+1)n(n-1)(n-2)}{2\cdot 4!}[\Delta_0^{\mathrm{IV}}+\Delta_{+1}^{\mathrm{IV}}]$$

$$+\cdots\cdots$$

在天文年历中将各系数用代号 B 来表示：

$$B_2=\frac{n(n-1)}{2\cdot 2!};\quad B_3=\frac{n(n-1)(n-\frac{1}{2})}{3!}$$

$$B_4=\frac{(n+1)n(n-1)(n-2)}{2\cdot 4!}$$

它们的最大值为：$|B_2|_{极大}=0.0625$，$|B_3|_{极大}=0.008$，$|B_4|_{极大}=0.012$. 因此，假如要求误差不超过最后一位的 0.5，则二次差小于 4 就可以略去，三次差小于 60 可以略去，四次差和五次差分别小于 20 和 500 就可以略去. 于是有：

$$f(t_0+nw)=f(t_0)+n\Delta'_{+\frac{1}{2}}+B_2(\Delta''_0+\Delta''_{+1})+B_3\Delta'''_{+\frac{1}{2}}+B_4[\Delta_0^{\mathrm{IV}}+\Delta_{+1}^{\mathrm{IV}}]+\cdots\cdots$$

天文年历的附表 4 及附表 5 登有计算用的 B_2，B_3 及 $B_2(\Delta''_0+\Delta''_{+1})$ 的数值，可直接查用（参见附录）.

现引用《中国天文年历》所举的例于下：

求 1995 年 10 月 1 日力学时 $14^{\mathrm{h}}30^{\mathrm{m}}08^{\mathrm{s}}$ 太阳的视赤经.

$t=1995$ 年 10 月 1.60426 日，$n=0.60426$ 从太阳表（第 16 和 18 页）查得：

	视赤经	Δ'	Δ''
1995 年 9 月 30.0 日	$12^{\mathrm{h}}23^{\mathrm{m}}22^{\mathrm{s}}.61$		
		$+216^{\mathrm{s}}.88$	
10 月 1.0 日	26 59.49		$+0^{\mathrm{s}}.25$
		+217.13	
2.0 日	30 36.62		+0.28
		+217.41	
3.0 日	34 14.03		

于是有

$$\Delta'_{+\frac{1}{2}}=+217^{\mathrm{s}}.13,\qquad \Delta''_0+\Delta''_{+1}=+0.53$$

由附表 4 或计算得：

$$B_2=-0.0597$$

由此得到

$$\begin{aligned}\alpha &=12^{\mathrm{h}}\ 26^{\mathrm{m}}\ 59^{\mathrm{s}}.49\\ n\Delta'_{+\frac{1}{2}} &=+\quad 2\quad 11\ .203\\ \underline{B_2(\Delta''_0+\Delta''_{+1})} &\underline{=-\qquad\quad 0\ .032}\\ \alpha &=12^{\mathrm{h}}\ 29^{\mathrm{m}}\ 10^{\mathrm{s}}.66\end{aligned}$$

相反的问题，如若求天体在某一给定位置的时刻，也就是已知函数 $f(t_0+nw)$，求引数 n，这时要用逆内插法.

利用贝塞尔公式

$$f(t_0+nw)=f(t_0)+n\Delta'_{+\frac{1}{2}}+B_2(\Delta''_0+\Delta''_{+1})+B_3\Delta'''_{+\frac{1}{2}}$$
$$+B_4(\Delta_0^{N}+\Delta_{+1}^{N})+\cdots\cdots$$

在忽略三次差,四次差……后,可得到

$$n=[f(t_0+nw)-f(t_0)-B_2(\Delta''_0+\Delta''_{+1})]/\Delta'_{+\frac{1}{2}}$$

式中 B_2 与 n 有关.因此只可用逐次逼近法来求 n 的准确值.先不计 $B_2(\Delta''_0+\Delta''_{+1})$,得 n 的近似值,再用近似值计算 $B_2(\Delta''_0+\Delta''_{+1})$,又求得一个 n 的近似值.这样重复计算几次,直到求得的 n 不再改变,就作为最后的数值.但应注意,n 值的有效位数不超过一次差 $\Delta'_{+\frac{1}{2}}$ 的有效位数.

§1.5 测定南北线的简易方法

无论是地平式装置的望远镜,或赤道式装置的望远镜,在按装与观测时,都需要知道所在地的南北方向.在有经纬仪的条件下,观测北极星(小熊座 α 星)方位角来定向,是很方便的,精度也足够高.但是,很少单位拥有经纬仪.因此,大多数人只可用一些简易的方法来粗略估计方向,然后在望远镜的使用中,再加以校正.现介绍几种定向方法.

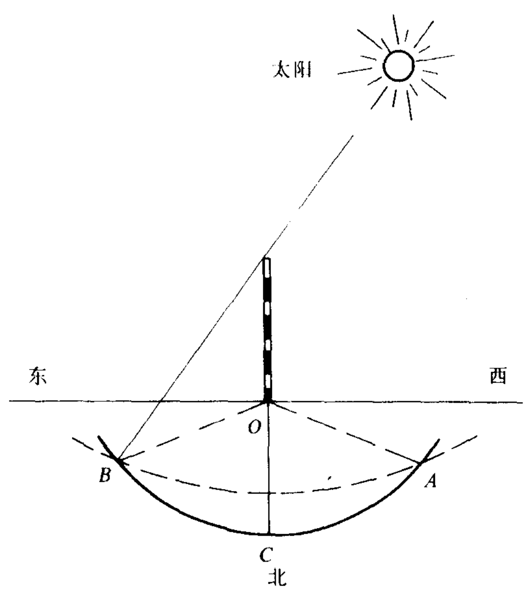


图 1.5 按正午太阳定方向

一、指南针定向

指南针(有的称罗盘)所指的方向是地球磁极的方向,而不是真正的南北方向.在任一地点,地磁子午线与地理子午线的夹角,就是磁偏角(D),规定偏东为正,偏西为负.或者

注上 E 或 W. 各地的磁偏角可从地磁图中查出. 比如北京的磁偏角约为 8°W. 那么,在放平指南针时,再顺着指针向东 8°,此方向即是南. 在地面上钉上木桩作标记,备用.

二、按正午太阳的位置定方向

我国大部分地区处在北纬 23°.5 以北,一年四季正午太阳都在正南方,利用这个规律可以定南北线.

在平地上直立一根杆子,杆子越长越好. 用正午前大约 1 小时的杆影子长 OA 做半径(图 1.5),杆底 O 做圆心,画一个大圆弧. 由于正午前杆影子由长变短,正午后杆影子由短变长,正午后总有一个时刻,杆影子顶端同圆弧相交,假设交于 B 点. 找出圆弧 AB 的中点 C,那么,杆底与圆弧中点 C 的联线 OC 就是南北线. 在拔去杆子后,于此两点钉木桩作标志,以备观测时使用.

三、观测北极星

北极星的赤纬为 $+89°11'.2$. 即它距离北天极约有 1°,因此它也在作周日旋转,也有上中天与下中天. 大致是,当仙后座在上方时,北极星就近于上中天,而当北斗七星在上方时,北极星就近于下中天. 我们只要在此两种情况下,去观测北极星,就可以得到比较准确的北点方向.

天文年历中登有北极星上中天与下中天的时刻,就是供大家测定方向用的.