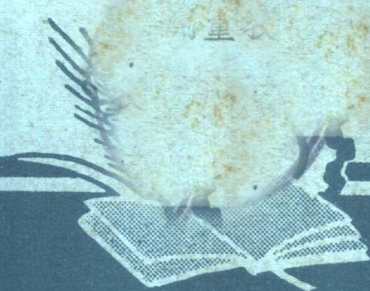


高等学校教学用书

大地天文学

下册

武汉测绘学院天文与重力测量教研组编著



中国工业出版社

高等学校教学用书



大地天文学

下 册

武汉测绘学院天文与重力测量教研组编著

中国工业出版社

大地天文学是武汉测绘学院天文与重力测量教研组根据天文大地测量专业大地天文学教学大纲编写而成。可作为天文大地测量专业和该专业函授生的教材。

全书分上下两册出版，本书为下册，共分十二章，内容着重于一、二等天文点经纬度和方位角的测定，包括金格尔法测定表差，子午仪测时，无线电法测经度，太尔各特法测纬度，北极星任意时角法测定方位角以及多星等高法同时测定经纬度等方法。对于天文测量中所用的精密仪器和天文点成果归算等也作了详细的介绍。此外并扼要地介绍了光电子午仪和超人差经纬仪等高仪的应用。

大 地 天 文 学

下 册

武汉测绘学院天文与重力测量教研组编著

*

国家测绘总局测绘书刊编辑部编辑（北京三里河国家测绘总局）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 $20\frac{3}{4}$ ·插页1·字数472,000

1963年5月北京第一版·1963年5月北京第一次印刷

印数001—900·定价(10-5)2.45元

*

统一书号：K15165·2026(测绘-57)

序 言

本书是天文大地测量专业和該专业函授生的教材。全书分上下两册出版，上册包括天文学概論，球面天文学和必需的球面三角学知識，已經于1961年6月出版。下册的内容着重于一、二等天文测量，故对于我国生产上所通用的测定一、二等天文点經緯度和方位角的各种方法，如双星等高法测定表差，无綫电法测定經度，太尔各特法测定緯度以及北极星时角法测定方位角等方法，叙述較詳，而对于测定近似經緯度和方位角則介紹得比較簡單；多星等高法同时测定經緯度是一个比較好的方法，一般也用于测定二等以下的天文点，所以作了适当的叙述；此外还扼要地介紹了子午仪和光电子午仪测时以及超人差稜鏡等高仪的应用。关于天文测量仪器，着重地討論了全能經緯仪。

对于各种方法的实际操作步驟均詳述其理論根据，同时也介紹了各种方法的精度分析。所有实例中的观测手簿及計算表式与目前生产中所用的基本上一致，仅有个別改动。閱讀本书的时候如能备置文中所提及的有关用表和規範細則，相互对照，将更加有益。

每章都有习题。在本书的附录中汇集了一些常用的数学公式，以备查对。

本书編定后，承李庆海、楊守琚、王修豪、韓天芑等同志校閱全部原稿，并提出許多宝贵意見，使本书得到改正；又由刘彩璋、范良季、俞云飞、秦茂汉、董挹英諸同志代为計算例題和繪制图表，編者在此向他們致謝。

本书由天文与重力测量教研組王昆杰、宋成驊、吳家詒、徐伯珩、高时浏、夏坚白諸同志集体編写，由夏坚白同志主編。

編者水平有限，錯誤和疏漏的地方恐难尽免，敬希讀者批評指正，以便再版时訂正。

編 者

1962年3月

目 录

序 言

第九章 测定经纬度和方位角概论	1
§ 9-1 测定经纬度和方位角的目的	1
§ 9-2 测定经纬度和方位角的一般原理	1
§ 9-3 最有利条件的分析	4
§ 9-4 天文点的分类	5
习 题	6
第十章 天文测量仪器	7
§ 10-1 概论	7
§ 10-2 全能经纬仪 AY 的构造	7
§ 10-3 全能经纬仪 AY 的调整	12
§ 10-4 全能经纬仪威特 T_4 的构造	15
§ 10-5 全能经纬仪威特 T_4 的调整	21
§ 10-6 全能经纬仪的检验	23
§ 10-7 目镜测微器接触条宽及齿隙差的测定	24
§ 10-8 蛛丝丝距的测定	26
§ 10-9 目镜测微器周值的测定	27
§ 10-10 水准器格值的测定	33
§ 10-11 水准器检验仪	43
§ 10-12 天文表的构造	45
§ 10-13 石英钟	48
§ 10-14 记时器	51
§ 10-15 闪光记时镜	54
§ 10-16 收讯机	56
§ 10-17 全能经纬仪和天文表的维护	58
习 题	59
第十一章 无线电时号	60
§ 11-1 授时	60
§ 11-2 无线电时号的类型	60
§ 11-3 表差、表速、表差化算至另一时刻、开动时表	63
§ 11-4 普通时号的收录及其归算方法	66
§ 11-5 科学式时号的收录及归算方法	67
§ 11-6 电磁波传播速度的改正及表速改正	72
§ 11-7 天文表质量的鉴定	74
习 题	75
第十二章 纬度、表差和方位角的近似测定法	76
§ 12-1 概论	76
§ 12-2 观测恒星的中天高度定纬度	76
§ 12-3 利用天文年历观测北极星的天顶距定纬度	82
§ 12-4 恒星中天法测定表差	87
§ 12-5 观测太阳同时测定表差和方位角	88
§ 12-6 利用天文年历“北极星高度和方位角表”定方位角	99
§ 12-7 寻极仪	100
习 题	107
第十三章 方位角的测定	108
§ 13-1 概论	108

§ 13-2	观测地面目标和北极星定地面目标的方位角	110
§ 13-3	观测结果的改正	112
§ 13-4	地面目标方位角的计算	116
§ 13-5	算例	118
§ 13-6	精度分析	123
习 题		125
第十四章	太尔各特法测定纬度	126
§ 14-1	概论	126
§ 14-2	原理和基本公式	127
§ 14-3	观测方法	128
§ 14-4	计算纬度的公式	129
§ 14-5	水准器改正数	132
§ 14-6	蒙气差改正	134
§ 14-7	星径曲率改正数	135
§ 14-8	太尔各特星对表的编制	139
§ 14-9	固定丝法观测实例	142
§ 14-10	固定丝法观测的处理	143
§ 14-11	时角法观测实例	147
§ 14-12	时角法观测的处理	147
§ 14-13	最后的纬度值和测微器的改正数	150
§ 14-14	精度分析	154
习 题		155
第十五章	双星等高法(金格尔法)测定表差	156
§ 15-1	原理	156
§ 15-2	选星	157
§ 15-3	观测	159
§ 15-4	计算表差的公式	161
§ 15-5	观测结果的改正	166
§ 15-6	计算步骤及算例	170
§ 15-7	用接触测微器观测	174
§ 15-8	精度分析	180
习 题		183
第十六章	子午仪测时	184
§ 16-1	概论	184
§ 16-2	子午仪的安装和调整	184
§ 16-3	基本公式	186
§ 16-4	水平轴倾斜误差的测定	188
§ 16-5	视准误差的测定	190
§ 16-6	方位误差的测定	191
§ 16-7	侧丝观测的归算	192
§ 16-8	子午仪的观测	193
§ 16-9	表差的计算	194
§ 16-10	精度分析	199
§ 16-11	轴颈的不规则性	201
§ 16-12	光电子午仪	202
习 题		210
第十七章	经度的测定	211
§ 17-1	原理和方法	211
§ 17-2	短期章动改正	213
§ 17-3	综合时刻改正	217
§ 17-4	独立经度结果的算例	219
§ 17-5	观测员的人差及其计算	222

§ 17-6	經度最后值的推算及精度估計	224
§ 17-7	基本点經度的測定	225
习 題		226
第十八章	多星等高法同时測定經緯度	227
§ 18-1	概論	227
§ 18-2	馬扎耶夫法的觀測	228
§ 18-3	用解析法計算經緯度	230
§ 18-4	常数項 l_0 的計算	235
§ 18-5	常数項的改正	236
§ 18-6	用图解法計算經緯度	241
§ 18-7	馬扎耶夫法定經緯度算例	246
§ 18-8	威特 60° 稜鏡等高儀	252
§ 18-9	威特 60° 稜鏡等高儀的校正和觀測方法	255
§ 18-10	威特 60° 稜鏡等高儀測定經緯度的实例	258
§ 18-11	稜鏡底面校正不完善和前稜角 (A 角) 为 60° 时对等高觀測的影响	262
§ 18-12	多星等高觀測精度問題	264
习 題		266
第十九章	天文測量成果归算至标石中心、平均海水面和平北极	267
§ 19-1	緯度和經度归算至标石中心	267
§ 19-2	方位角的測站点归心	268
§ 19-3	緯度和方位角归算到平均海水面的改正	270
§ 19-4	緯度、經度和方位角归算至平北极	274
习 題		282
第二十章	超人差稜鏡等高儀	283
§ 20-1	概論	283
§ 20-2	超人差稜鏡等高儀的构造	284
§ 20-3	儀器的安裝和調整	290
§ 20-4	选星	291
§ 20-5	觀測	294
§ 20-6	成果的計算	295
§ 20-7	觀測結果的改正	299
§ 20-8	等高星历表的編制	303
§ 20-9	算例	304
习 題		308
附录		
常用的数学公式		309
名詞(中俄英对照)索引		311
参考文献		318

第九章 測定經緯度和方位角概論

§ 9-1 測定經緯度和方位角的目的

在前几章里，我們討論了天体的視运动，应用各种坐标系决定天体在天球上的位置，以及从地面上所觀測到的与地球繞太阳公轉和自轉所发生的种种現象的規律。

从这章起我們要研究測量天文經緯度和方位角的程序和方法，在进行測量时所应用的仪器，以及决定天体在天球上坐标与地面点地理坐标的計算处理方法。

測定天文經度，緯度和方位角的目的就是在于确定地面点的地理坐标与定向。所以在解决測繪科学和实践的問題中，天文測量工作是起着一定的作用。

現在扼要地列举天文經度、緯度和方位角在大地測量上的主要用途：

1. 用天文和大地測量方法測定地球形状和大小时，必須在相应的三角点上測定天文經緯度。

2. 測定全国性三角系的起算点的大地坐标，就是測定起算点的大地經度、大地緯度和大地方位角。这些大地坐标决定参考橢圓体在地球內的定向。

3. 測定三角点上的方位角，借以組成拉伯拉斯方位角。利用拉伯拉斯方位角，可以控制三角測量的橫向誤差，进而可以保証三角系的定向，同时能够提高点位坐标的精度。

4. 根据应用天文測量方法所得的点的經緯度和由大地測量而得的經緯度，可以研究大地体。就是将天文坐标和大地坐标加以比較而推得垂綫偏差，从而可以求出关联于参考橢圓体的大地体剖面图形。

由此可知，大地測量和天文測量是紧密地結合在一起的，天文經緯度和方位角的科学和实用意义是相当重要的。

§ 9-2 測定經緯度和方位角的一般原理

关于經度測定的意义，在第五章內已經提出。現在要綜合地討論測定時，緯度和方位角的一般原理。

为了測定經緯度和方位角，必須觀測天体。根据第三章§ 3-7里所談的原則，由天頂、天极和天体可以构成一个定位三角形。图9-1上的P是天极，Z是天頂，而b为天体。

按球面三角学的基本公式，可以导出

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad (a)$$

或 $\operatorname{tg} \delta \cos \varphi = -\operatorname{ctg} A \sin t + \sin \varphi \cos t \quad (b)$

假設問題是測定某地的緯度 φ ，即需計算定位三角形的PZ边，由于所觀測的天体的視位置 (α, δ) 可

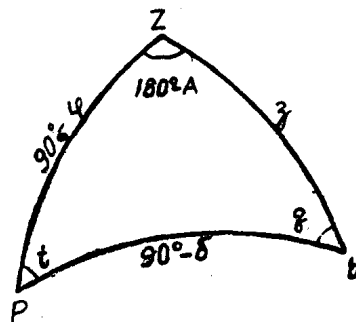


图 9-1

以从星表內查得， Pb 边可作为已知的。在定位三角形 PZb 內，如观测天体的天頂距 z 和时角 t ，就可以根据式 (a) 計算緯度 φ ，如果测得天体的方位角 A 和时角 t ，则可以应用式 (b) 計算緯度 φ 。

天体的天頂距和方位角是利用一般的經緯仪或天文仪器测得的。把测得的天頂距 z 应用到公式 (a) 之前，必須注意改正蒙气差。計算蒙气差的公式已在第六章內导出，而蒙气差表則載在我国每年出版的“天文年历”。至于时角的測定乃系利用天文表来进行的。天文表运行的表速有按恒星时和平时計算的两种，应用时必须注意。每个天文表都含有表差，也叫时表改正，一般常用符号 u 来表示。設在观测天体的天頂距和方位角时讀得的表面时 (恒星时) 为 T ，則此时的恒星时等于 $T + u$ 。我們知道任何时刻的恒星时 S 等于恒星的視赤經 α 加时角 t ，而視赤經 α 可自“天文年历”查出，故恒星时与表面时的关系可由下列公式来表示

$$T + u = \alpha + t \quad (9-1)$$

或

$$t = T + u - \alpha \quad (9-2)$$

把时角 t 代入公式 (a) 或 (b)，就可以求出緯度。根据式 (9-2) 可知，为了計算时角 t ，必須在观测天体的天頂距或方位角时，在天文表上讀出相应的表面时 T ，此外尚須知道該天文表的表差 u ，由此可以得出結論：

1. 如已知視赤經 α ，視赤緯 δ 和表差 u ，在天文表时刻 T 时，測量天体的天頂距或方位角，可以計算緯度 φ 。

2. 如已知 α ， δ 和緯度 φ ，測量天体的天頂距或方位角，并在天文表上讀出观测时刻 T ，首先可以計算时角 t ，然后由式 (9-2) 計算表差 u ，根据表差就可以求經度。

观测天体的天頂距定表差或緯度的方法叫做天頂距法，按天体的方位角定表差或緯度的方法則叫做方位角法。这是两种基本原理。測定緯度和表差的天頂距法，应用得很广泛，因为这个方法在实质上可以只观测等高的星对而无須观测天頂距，其所引起的誤差自然不会发生影响。我国目前应用的几种精密方法如太尔各特法定緯度，金格尔法定表差和馬扎耶夫法定經緯度都应用天頂距等高法的原理。怎样应用这个原理以后将要在各有关章节里詳細討論。

測定緯度要求知道表差，以及測定表差要求知道緯度，这种情况是否造成困难，現在必須加以研究。在实际工作中，如无精确数值时，通常都采用表差的近似值，用以計算緯度的第一值，然后用此緯度計算观测結果以定表差，求得較精确的表差值后，再用它重新計算緯度，于是得較精确的緯度值。这样进行就叫做逐渐趋近法。

現在来討論怎样測定地面目标的方位角。方位角的測定通常都是按下法进行：測定天体的方位角并观测天体和地面目标 (也叫做方位标) 間的水平角。例如为了測定地面目标 B 的方位角 (图9-2)，必須測定天体 b 的天文方位角 A 以及观测地面目标 B 跟天体 b 間的水平角 Q ，这样，可由下列公式求得地面目标 B 的方位角 a_N 。

$$a_N = A - Q \quad (9-3)$$

天体 b 的方位角 A 可从定位三角形 (图9-1) PZb 內求得。在定位三角形中，假定 PZ 和 Pb 为已知，而表差也知道，也就是說緯度和表差都已測定，而赤緯 δ 則由“天文年历”查得。观测記錄表面时 T ，按下列公式

$$t = T + u - \alpha$$

算出时角 t 后, 天体的方位角 A 可由下列公式求得

$$\operatorname{tg} A = - \frac{\cos \delta \sin t}{\cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t} \quad (9-4)$$

如果观测天体的天顶距 z , 则求方位角 A 的公式为

$$\cos A = \operatorname{tg} \varphi \operatorname{ctg} z - \sin \delta \sec \varphi \csc z \quad (9-5)$$

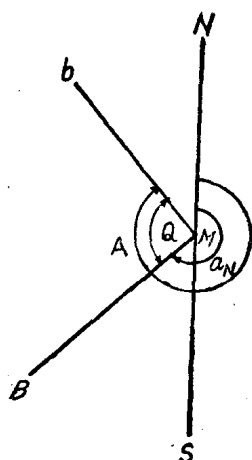


图 9-2

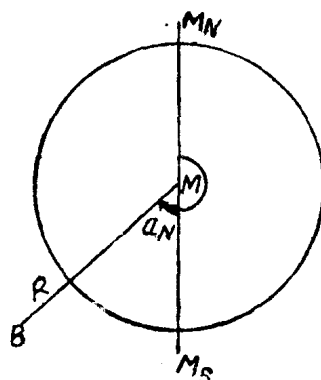


图 9-3

因此, 前者叫做测时角定方位角法, 而后者则称为测天顶距定方位角法。两者之间, 前法简便, 所以应用比较广泛。

测定地面目标的方位角以后, 就可以决定子午线的方向。设 M 点 (图 9-3) 是某一测站, 而 a_N 是在该测站上由观测所求定的地面目标 B 的天文方位角, 于是可经 M 点定子午线 $M_S M M_N$ 的方向。为此, 须将仪器放在 M 点上, 把望远镜瞄准地面目标 B , 在度盘上读出与此方向相应的读数 R , 然后再将照准部置于新读数 $M_N = R - a_N$ 上, 此时, 无照准误差的仪器面将与子午面重合, 在这种情况下内的仪器叫做仪器定向。

根据以上的讨论, 可以看出, 不论测定经纬度或方位角, 都有好几种方法。采用什么方法, 当视所用仪器和进行观测时的其他条件而定。但不论使用何种方法和仪器, 必须注意所采用的仪器和观测方法所特有的系统误差和偶然误差。为了得到最完善的结果, 应该特别注意系统误差, 并消除其对观测结果和最后推算结果的影响。如果能于事先估计出系统误差, 则于决定其影响后, 可在观测结果中加一相应的改正数, 如果不能这样做, 则应尽量设法安排观测本身, 使得在最后推算结果中能消除这种误差的影响。至于偶然观测误差, 可用对同一元素的多次测量来削弱其影响; 由于这种误差存在所引起的各个推算结果的不符值, 能够决定所获得的最后结果的精度。

根据偶然误差的理论, 得出这样的定则: 由不相关的观测中得到的个别数值求出的算术平均值, 可作为未知数的最或是值。因此, 假如我们有未知数 a 的 n 个观测值, 即 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, 最或是值就等于

$$a_m = \frac{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n}{n} \quad (9-6)$$

改正数 $v_1 = a_1 - a_m, v_2 = a_2 - a_m, \dots, v_n = a_n - a_m$ 是所测数值对于平均值的偏差。这些改正

数的大小可以証明各个測量間一致性的程度。某一觀測值的中誤差可以由公式

$$m = \pm \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n-1}} = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} \quad (9-7)$$

計算，至于 n 个同精度觀測的算术平均值的中誤差 M ，則用下式表达

$$M = \pm \frac{m}{\sqrt{n}} = \pm \sqrt{\frac{[v^2]}{n(n-1)}} \quad (9-8)$$

应用上述公式时，觀測次数 n 必須极大，否則不很正确。但是人們在实际觀測次数很少时也应用这些公式，乃是因为它們多少可以表示某些关于觀測精度的概念，更正确的說，表示出某些关于它們本身間的一致性的程度。

§ 9-3 最有利条件的分析

在 § 9-2 中討論測定經緯度和方位角的一般原理时，曾根据图 (9-1) 写出了基本公式 (a)

$$\cos z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t$$

現在我們来討論下列两个問題：1. 天頂距誤差 Δz ，讀表誤差 ΔT 和时表改正誤差 Δu 对于測定緯度 φ 的影响；2. 測定表差 u 时， ΔT ， Δz 和測站的緯度誤差 $\Delta \varphi$ 对于 u 的影响。

为了导出它們之間的关系，把公式 (a) 进行全微分，同时我們認為天体的坐标 α 和 δ 所含的微小誤差对于 $\Delta \varphi$ 或 Δu 所产生的影响可以忽略不計，也就是說把 α 和 δ 作为正确的。这样按变数 φ ， z 和 T 取微分得

$$-\sin z \, dz = (\cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t) \, d\varphi - \cos \varphi \cos \delta \sin t \, dt$$

按定位三角形的五元素公式和正弦定理[参看图 (9-1)]，得

$$-\sin z \cos A = \cos \varphi \sin \delta - \sin \varphi \cos \delta \cos t$$

$$\cos t \sin \delta = \sin z \sin A$$

于是得

$$dz = \cos A \, d\varphi + \cos \varphi \sin A \, dt$$

又因

$$t = T + u - \alpha$$

所以

$$dt = dT + du$$

将有限增量 Δz ， $\Delta \varphi$ ， ΔT ， Δu 代替微分，最后乃得

$$\Delta z = \cos A \, \Delta \varphi + \cos \varphi \sin A (\Delta T + \Delta u)$$

这样，測定緯度时的誤差是

$$\Delta \varphi = \frac{\Delta z}{\cos A} - (\Delta T + \Delta u) \cos \varphi \operatorname{tg} A \quad (9-9)$$

測定表差时的誤差是

$$\Delta u = -\Delta T + \frac{\Delta z}{\cos \varphi \sin A} - \frac{\Delta \varphi}{\cos \varphi \operatorname{tg} A} \quad (9-10)$$

由公式 (9-9) 看出，在測定緯度时觀測方位角为 0° 或 180° 的南北星最为有利，由公式 (9-10) 看出，在測定表差时卯酉圈上的恒星最好，因为这时方位角等于 90° 或 270° 。

至于测定方位角的最有利条件，当根据第三章 § 3-7 公式 (3-10)

$$\sin z \sin A = \cos \delta \sin t$$

和公式 (3-11)

$$-\sin z \cos A = \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos t$$

来研究。

同前，把 δ 作为常数，而 t 、 φ 、 A 则为变数，然后用上列第一式除第二式，而微分最后所得的一个公式，用有限增量 Δt 、 $\Delta \varphi$ 和 ΔA 代替微分，并加适当简化，于是可得

$$\Delta A = -\frac{\cos \varphi \cos \delta}{\sin z} (\Delta T + \Delta u) - \frac{\sin A}{\operatorname{tg} z} \Delta \varphi \quad (9-11)$$

根据这一公式可知：当天体的星位角 φ 等于 90° 或天体的赤纬近于 90° 时，观测时刻的误差和时表改正的误差对于方位角的影响是最小，此外在子午圈 ($A = 0^\circ$ 或 180°) 上或者当天体位于地平附近 (z 近于 90°) 时，纬度的误差对于方位角的影响是最小。在这些条件下进行观测，最为有利。

§ 9-4 天文点的分类

我国目前尚未正式公布统一性的天文测量细则，天文点的分类也没有具体规定。1959年10月公布的“中华人民共和国大地测量法式（草案）”内仅提出了一、二等三角测量对于天文测量的要求：

1. 在一等三角锁每一起始边的两端点上测定天文经纬度和方位角。由各次测量结果与平均值的较差所计算的测量中误差：纬度应不超过 $\pm 0''.3$ ；经度应不超过 $\pm 0''.02$ ；方位角应不超过 $\pm 0''.5$ 。

2. 在一等三角锁每一锁段中间的一个三角点上测定天文经纬度，其精度与上节规定同。

3. 在二等起始边的两端点上测定天文经纬度和方位角，其精度要求与一等同。

各测量业务单位在过去几年中为了工作需要，大家都参考苏联的资料，而自行订立了天文测量暂行规范。他们所用的主要参考资料是苏联1942年出版的“一、二、三、四等天文测量细则”（已出版中译本）和苏联1955年出版的“一、二、三、四等三角测量细则”（已出版中译本）。在实际工作时，必须参考各单位暂行规范。按照苏联的上述规范，野外天文测量分成四个等级，一、二等天文测量应用于一、二等三角锁或网；三角天文测量是在人烟稀少不易达到的地区测绘小比例尺地形图时采用的，这种天文点可作为控制点；至于四等天文测量，系为地理调查、重力测量以及其他特殊的目的而施测的。此外，在导线点上以及在图根网点上都需要测定天文方位角，作为角度观测的校核，借此提高导线及图根网的精度。这些天文点应达到何级，当视要求的精度而决定。等级的区别决定于中误差。现在介绍苏联所规定的标准如下页表内。

在测站上进行天文观测，其结果的精度决定于下列各种情况：所用仪器的精度及其性能；所用天文测量的方法及观测的方法；遵守所用天文测量方法的最有利观测条件到如何程度；测回数多少，计算上所能达到的精度以及考虑各种改正到如何完备程度；系统误差的影响以及观测时外界的情况等等。此外，天文观测员的经验也有很大的关系。最后，

名 称	等 級	I	I	II	IV
		I	I	II	IV
經 度		$\pm 0^{\circ}.03$	$\pm 0^{\circ}.05$	$\pm 0^{\circ}.06 - \pm 0^{\circ}.10$	$\pm 0^{\circ}.10 - \pm 0^{\circ}.50$
緯 度		$\pm 0^{\circ}.30$	$\pm 0^{\circ}.40$	$\pm 0^{\circ}.60 - \pm 1^{\circ}.00$	$\pm 1^{\circ}.00 - \pm 7^{\circ}.00$
方 位 角		$\pm 0^{\circ}.50$	$\pm 1^{\circ}.00$	$\pm 5^{\circ} - \pm 30^{\circ}$	$\pm 60^{\circ}$

还可以看出天文观测的精度与观测站的緯度有关。

当精密测定緯度时，我們現在都用太尔各特法。这个方法的优点是并不需要测量天頂距的数值，因而豎盘的分划誤差和讀数誤差都不会对結果发生影响。此外，这个方法簡易，在观测和計算处理的过程中不需要很长的時間。

当测定近似緯度时，我們应用观测北极星的方法，并利用“天文年历”上的表来进行計算。

至于精密测定經度，主要是收听无綫电授时信号，并应用金格尔法定时表改正来計算經度。此外，子午仪中天法也很普遍，但我国测量单位目前大都采用金格尔法。

現在国际上很多采用超人差稜鏡等高仪来同时精确地测定經度和緯度。

精度要求較低的天文测量則采用稜鏡等高仪来同时测定經緯度。这个方法的主要优点是不必观测各星的天頂距，观测时只求出各星經過某一选定的等高圈的時刻，所以由于观测天頂距而引起的誤差就不致影响观测結果的精度。这个方法比較簡易，而且每观测一組恒星，即可同时求得經度和緯度。

测定近似經度时，也可以观测恒星或太阳的天頂距定表差，然后由之計算測站的經度。

精密测定地面目标的天文方位角，我国現在采用北极星时角法，因为它最为适宜。

近似方位角的测定，可以应用：观测北极星查“天文年历”法，北极星任意时角法，以及观测太阳的天頂距定方位角法。

习 題

1. 試分析测定緯度、表差和方位角的最有利条件。
2. 試述测定經緯度和方位角的一般原理。
3. 天文观测結果的精度决定于哪些情况或条件？

第十章 天文測量儀器

§ 10-1 概 論

天文測量儀器包括三部分：1. 觀測儀器；2. 鐘表；3. 記時器和收訊機。

在觀測儀器中有全能經緯儀、子午儀、天頂儀和超人差稜鏡等高儀等。一、二等天文測量常用的儀器為全能經緯儀。三、四等天文測量可採用全能經緯儀，也可採用光學經緯儀 OT-02，蔡司 010，威特 T_3 ，威特 T_2 等。子午儀、天頂儀和超人差稜鏡等高儀則專用于天文台、測時站、緯度站或天文基本點。

全能經緯儀威特 T_3 和 AY 是我國天文測量作業中常用的儀器，在本章內將對這兩種儀器作較詳細的敘述。子午儀和天頂儀則將在有關章節中講述。超人差稜鏡等高儀則在第廿章中作專門的介紹。

光學經緯儀除用于三、四等天文測量作業外，在工程測量、重力測量中的近似測定中也廣為採用，這一類型儀器的主要優點在于光學系統細緻精巧，體積很小，重量較輕，便于攜帶。另外還配有成套的天文測量附件：例如威特 T_2 配有 60° 等高稜鏡，跨水準器，太爾各特水準器，尋極儀，折光稜鏡和照明設備等，可供測定經緯度與方位角。威特 T_3 和蔡司 010 也配有部分天文測量附件。這一類型儀器不能用于一、二等天文測量的主要原因，在于沒有目鏡測微器與十字絲網，沒有高精度的跨水準器與太爾各特水準器。此外，這些儀器的軸頸品質、光學性能以及水平軸構造等均較遜于全能經緯儀。

天文測量常用的鐘表有納丁天文表、邵特擺鐘和 XSZ 型石英鐘。天文測量外業人員使用的是納丁天文表或其他同型的天文表，有時也使用小型 XSZ 石英鐘。邵特擺鐘和大型 XSZ 石英鐘，一般都用于天文台和測時站。

記時器的種類較多，常用的有書寫記時器、印字記時器、攝影記時器、記時鏡和電子記數器等。目前天文測量外業人員多採用書寫記時器，其餘數種亦多用于天文台和測時站。

國產 12 燈、14 燈全波收訊機，以及 138 型收訊機等，均可供天文測量作業時使用。

§ 10-2 全能經緯儀 AY 的構造

全能經緯 AY2''/10'' 系由蘇聯航空大地測量儀器廠製造，它與該廠製造的大地經緯儀 TT2''/6'' 有很多類同的地方，例如這兩種儀器的水平度盤直徑皆為 220 毫米，其格值都是 5'，显微測微器測微鼓格值均為 2''，以及儀器豎軸的構造同屬于瑞普索爾德型式等等。在蘇聯一、二等天文測量作業中大多採用這種儀器，我國自解放以後，不少作業單位也採用這種儀器。

全能經緯儀 AY2''/10'' 的外貌，以及各部件名稱見圖 10-1 (I) 和 (II)。

一、望遠鏡

在緯度和經度的測定中，常需觀測天頂距較小的天體，普通經緯儀和大地經緯儀的望遠鏡是直軸式的，用它們觀測這些天體是很困難的，甚至是不可能的，全能經緯儀的望遠

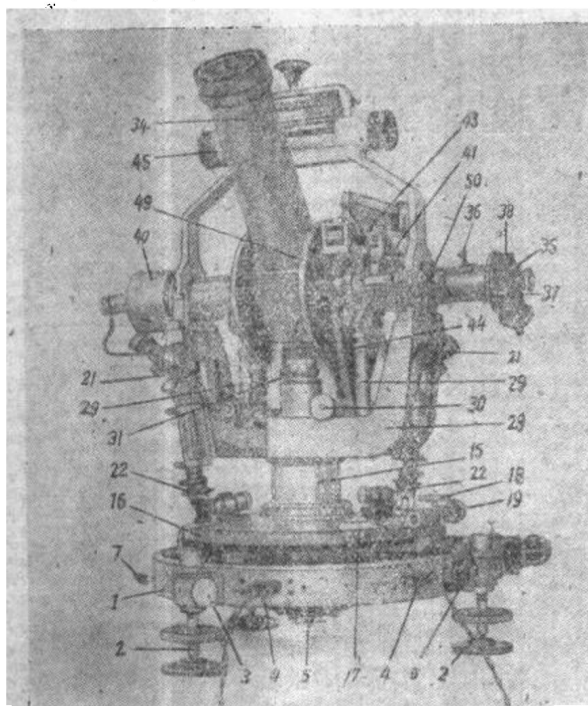


图 10-1(I)

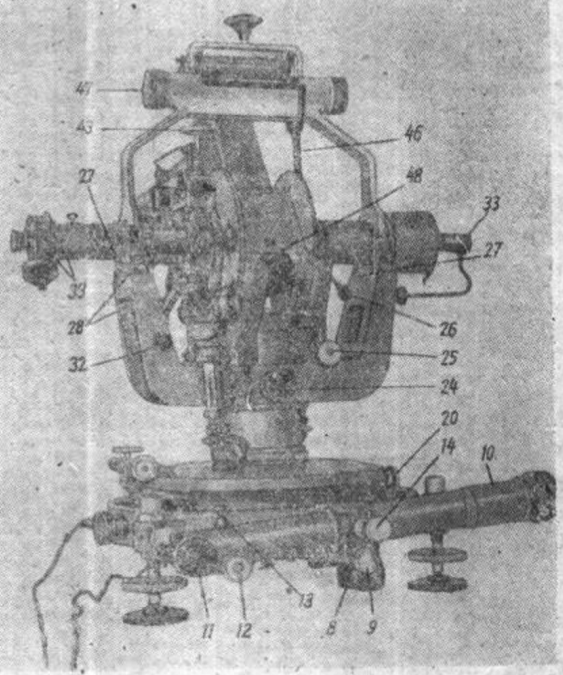


图 10-1(II)

1—底盘环；2—脚螺旋；3—脚制动螺旋；4—照明插座；5—对中器；6—检查望远镜照明开关；7—水平度盘下盘制动螺旋（有些仪器没有此螺旋）；8—检查望远镜托架；9—托架制动螺旋；10—检查望远镜；11—检查望远镜目镜测微器；12—检查望远镜目镜测微器调节螺旋；13—检查望远镜目镜筒制动螺旋；14—检查望远镜视场照明；15—竖直轴护套；16—水平度盘护套；17—水平度盘护套孔；18—水平度盘上盘制动螺旋；19—水平度盘上盘微动螺旋；20—水平度盘配置螺旋；21—水平度盘显微测微器；22—水平度盘显微测微器照明；23—望远镜支架；24—照明电路变换器；25—竖盘微动螺旋；26—望远镜制动螺旋；27—望远镜支架轴承；28—望远镜支架轴承调节螺旋；29—滑轮支架；30—竖盘水准器调节螺旋；31—水平度盘上盘旋转调节螺旋；32—太尔各特水准器限制叉；33—主望远镜视场照明（附电阻器）；34—望远镜；35—望远镜目镜测微器；36—望远镜目镜筒制动螺旋；37—目镜测微器制动螺旋；38—测微器零点位置调节螺旋；39—望远镜目镜测微器丝网调节螺旋；40—望远镜目镜平衡器；41—竖盘水准器；42—太尔各特水准器；43—太尔各特水准器调节螺旋；44—太尔各特水准器制动螺旋；45—跨水准器；46—跨水准器限制叉；47—跨水准器调节螺旋；48—望远镜物镜平衡器；49—竖盘护套；50—竖盘读数显微镜

鏡是折軸式的，可以用于观测天頂距較小的和位于天頂的天体。

图10-2是全能經緯仪 AY 的折軸式望远镜，恒星光綫經過物鏡进入望远镜筒內，它在水平軸中央碰到立方体内的等边直角稜鏡，此直角稜鏡的一个直角面对向物鏡，另一直角面对向目鏡，当光綫从稜鏡斜面作直角反射以后，仍在空心水平軸內繼續进行，最后在目鏡前的焦平面上成象，观测者可在目鏡端观测到星象，在空心水平軸的另一端是視場照明灯，用来照亮視場，在空心水平軸两端与仪器支架的接触部分是空心的軸頸，軸頸的质量要能保証水平軸旋轉的稳定性。

折軸式望远镜除了能观测天頂距很小的天体外，还能使目鏡总是保持在一定的位置。

全能經緯仪 AY 的物鏡焦距为450毫米，目鏡焦距为8和10毫米，放大倍率为45和56，視場为 $0^{\circ}54'$ 。

二、目鏡测微器

在望远镜目鏡端装有目鏡测微器，用于测量水平方向和豎直方向的微小变化，它的构造原理与大地經緯仪目鏡测微器及讀数显微测微器大致相同，见图10-3。

的傾斜時是將它放置在水平軸的軸頸上。跨水準器的一端設有氣室，氣泡長度可以調節，通常使用的氣泡長度為分劃面的0.4到0.5。

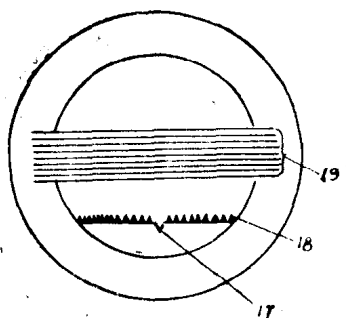


圖 10-4

跨水準器還用於整平儀器，在零分劃的一端設有四個調節螺旋。用來調節水準器軸。整平儀器和調節水準器軸的方法見後。

2. 太爾各特水準器 用以測定望遠鏡的傾斜變化，格值約為 $1''$ ，格距為2.26毫米，在測定時應擰緊太爾各特水準器制動螺旋，使它固緊在水平軸上，同時還必須把限制叉打開。

3. 豎盤水準器 在讀取豎盤讀數時，應使水準氣泡居中，豎盤讀數顯微鏡應預先調整好。

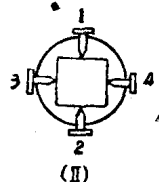
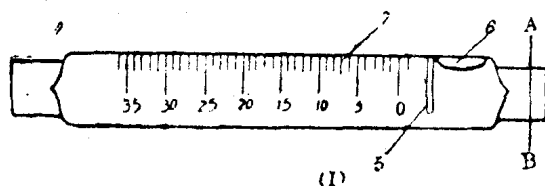


圖 10-5

1—豎向調節螺旋；2—豎向調節螺旋；3—橫向調節螺旋；4—橫向調節螺旋；5—隔板；6—氣室；7—分劃面

四、軸系

全能經緯儀AY的軸系構造與大地經緯儀 $TT2''/6''$ 相同，豎直軸是一個與基座固連的鋼質圓錐體，在圓錐體基部的凸出部分裝置水平度盤，在圓錐體上部是照准部的套筒，套筒中部凸出部分裝置望遠鏡的支架和顯微讀數測微器。這樣，照准部就能以套筒為中心繞豎軸旋轉。在豎軸的頂部是球狀凸體。此凸體與套筒頭部的中間墊相接觸，在套筒頭部設有調節螺旋，借以調節照准部繞豎軸旋轉的松緊程度和照准部旋轉的正確性，在中間墊的表面與球狀凸體之間以及豎軸與護套之間均塗有潤滑油，如潤滑油塗拭得均勻恰當，則可保證照准部旋轉靈活且不動搖。

五、度盤及讀數設備

1. 水平度盤及讀數設備 水平度盤及其顯微測微器的構造與大地經緯儀 $TT2''/6''$ 相同。

在觀測開始以前，首先應將顯微測微器進行調整，然後再讀取水平度盤讀數，讀數步驟如下：

轉動測微鼓，使左雙絲對准中凹左側第一個分劃，如圖10-7 (I) 所示，這分劃的讀數為 $290^{\circ}20'$ ，而分劃與中凹間距為兩個鋸齒，每個鋸齒是 $2'$ （即半個鋸齒為 $1'$ ），於是讀得度盤讀數為 $290^{\circ}24'$ ，又讀測微鼓，讀數為11.1。

轉動測微鼓，使右雙絲對准中凹右側第一個分劃，讀得測微鼓讀數為4.4，見圖10-7 (II)。

測微鼓的格值為 $2'$ ，而注記0, 10, 20, ……的單位為 $1''$ ，故知測微鼓上的個位讀數是以格為單位，而注記0, 10, 20, ……是以秒為單位，故得水平度盤讀數為 $290^{\circ}24'10''.5$ 。