前　言

本标准是在国家测绘局1977年发布的《一等天文测量细则》、国家测绘局和总参测绘局1965年5月发布的《二、三、四等天文测量细则》(草案)的基础上，结合大地天文测量新技术和生产实际情况，基于简明适用的原则制定的。

本标准从2000年8月1日起实施。

本标准的附录A～附录D，附录F都是标准的附录，附录E是提示的附录。

本标准由国家测绘局提出并归口。

本标准由国家测绘局测绘标准化研究所负责起草。

本标准主要起草人：张耀民、刘彩璋、孟娟、傅宗尧。

中华人民共和国国家标准

大地天文测量规范

GB/T 17943—2000

Specifications for the geodetic astronomy

1 范围

本标准规定了在陆地上测定天文经度、天文纬度和天文方位角的施测原则、测定方法和精度要求等。

本标准适用于一、二、三、四等大地天文测量作业。对于其他需要测定天文经度、纬度和方位角的测量作业可参照执行。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 17942--2000 国家三角测量规范

GB/T 17944—2000 加密重力测量规范

GB 12897—1991 国家一、二等水准测量规范

CH 1001—1995 测绘技术总结编写规定

CH 1002--1995 测绘产品检查验收规定

CH 1003—1995 测绘产品质量评定标准

JJG 414—1994 光学经纬仪计量检定规程

3 施测原则

3.1 目的与任务

3.1.1 大地天文测量是通过观测恒星来测定地面测站的天文经度、天文纬度和天文方位角的一种大地测量方法。

3.1.2 大地天文测量主要用于地面参考系定向、大地水准面形状测定、工程定向及水平测量控制网方向误差控制等。

3.1.3 当前大地天文测量的主要任务是：

a）为建立全国和区域大地水准面模型而进行垂线偏差测定；

b）为建立地面坐标系定向参数而进行高精度的大地天文测量；

c）为建立精密工程定向基准而进行天文测量。

3.2 坐标和时间系统

3.2.1 观测恒星坐标采用 FK5 系统。

3.2.2 极移坐标系采用 JYD1968.0 系统。极移改正时一般采用我国《地球自转参数公报》中所载的地极坐标改正数进行改正。采用其他极移坐标系时，应归算到 JYD1968.0 系统。

3.2.3 时间系统采用相对于 JYD1968.0 系统的世界时 UT1 系统。其时号改正时一般采用我国《地球自转参数公报》中所载的改正数进行改正。采用其他时间系统时应归算到相对于 JYD1968.0 系统的

国家质量技术监督局 2000-01-03 批准　　2000-08-01 实施

UT1 系统。

3.2.4 地球椭球参数采用 1980 西安坐标系的椭球参数。

3.3 精度要求

大地天文测量各等级的最低测定中误差按表 1 规定执行：

表 1 精度要求

等级	经度,s	纬度(″)	方位角(″)
一	0.02	0.3	0.5
二	0.04	0.5	1.0
三	0.08	1.0	5.0
四	0.40	5.0	10.0

3.4 布点原则

3.4.1 天文测站点的布设密度应根据不同用途及其精度需要进行确定。

3.4.2 对于国家水平大地网和国家天文重力水准测量中拉普拉斯点的布设按照 GB/T 17942 和 GB/T 17944 执行。

3.4.3 天文测站点应选在视野开阔、便于联测和长期保存、地基稳固的地方。

3.4.4 方位角观测视线应远离障碍物、水域、沙漠、戈壁、沼泽地、森林、草原、水泥和柏油覆盖区等旁折光较大和影响地面目标呈像质量的区域。一、二等方位角观测视线离障碍物的距离在平原地区不得小于：一等 6 m，二等 4 m；在山区不得小于：一等 4 m，二等 2 m。方位角观测视线更加远离大片障碍物。此外，确定视线高度时应考虑到植物的生长情况。

3.4.5 天文测站点上须埋设标志，一、二等天文测站点上应建造天文观测墩。标志埋设和天文墩建造按照 GB/T 17942 执行。

3.4.6 经纬度偏心观测点距中心点的距离不得大于 50 m，同时不得小于中心点上标高的一倍半，并便于直接测定归心元素。方位角偏心观测点尽量设在中心点至地面目标点的方向线上而不得设在其延长线上，且偏离方向线不得大于 1 m。

3.5 施测技术要求

3.5.1 在大地天文测量作业中应根据施测精度要求、观测条件、地理位置等情况在表 2 中选择合适的观测方法。

表 2 观测方法

序　号	观　测　方　法	适　用　等　级
1	北极星任意时角法测定方位角	1～4
2	南北星中天时角法测定方位角	3～4
3	太阳时角法测定方位角	4
4	津格尔法测定经度	1～4
5	东西星高度法测定经度	4
6	太阳高度法测定经纬度	4
7	塔尔科特法测定纬度	1～2
8	恒星高度法测定纬度	3～4
9	多星等高法同时测定经纬度	1～4

3.5.2 一、二等天文观测的仪器设站点的四周一般应设置观测幕，以减轻仪器受风力的影响。观测幕的顶盖应至少在观测前一小时打开，使观测幕内外温度趋于一致。

3.5.3 观测前应在天文墩周围修筑一合适的木质站台。当修筑站台有困难时，可沿天文墩四周挖一浅沟，以免观测员在地面走动时仪器受振动影响。当仪器置于脚架上观测时，应将仪器脚架安置在特别稳固的三个木桩上。

3.5.4 对于没有高程的天文点，可使用空盒气压计测定点的高程，其精度不应低于±50 m。

3.5.5 对于需要记录观测时刻的大地天文观测，每时间段始末须收录时号，即采用“收时 -观测 -收时”的观测纲要。当经度观测时间段每超过 6 h、纬度和方位角观测时间段每超过 8 h、或观测星组每超过三组时应至少增加一次收录时号。当收时困难时，允许在收录第一个时号前一个小时内或收录最后一个时号后一小时内进行天文观测。时号收录方法见附录 A。

3.5.6 对于需要定向的天文观测开测前应按照附录 B 规定的方法进行仪器定向。

3.5.7 当进行偏心观测时，须测定归心元素。归心元素的测定见附录 C。

3.5.8 方位角一般应在中心点上观测。在不得已的情况下，才可以进行偏心观测。

3.5.9 对于需要在室内标定子午线或引测天文方位角的测量作业，可参照附录 E 执行。

3.5.10 方位角观测时，应选在地面照准目标成像清晰、稳定的情况下进行观测。如果地面照准目标成像模糊或跳动剧烈时不得进行观测。一、二等观测地面照准目标应为回光，且回光大小、亮度应调整均匀适当。方位角一测回观测过程中不得变动焦距。

3.5.11 方位角观测限差和观测条件及超限处理办法按表 3 执行。

表 3 方位角观测限差和条件

项目	一等	二等		三等		四等		超限处理
	DJ07	DJ07	DJ1	DJ1	DJ2	DJ1	DJ2	
目镜测微器读数互差	3 g*	3 g*	—					重新开始读数
测微器两次重合读数互差	1″	1″	1″	1″	3″	1″	3″	重新开始两次读数
半测回两次地面目标方向值互差	4″	4″	6″	6″	8″	6″	8″	重测半测回
半测回两次恒星方向值互差	6″	6″	6″	6″	8″	6″	8″	重测半测回
一测回地面目标 2C 互差	6″	6″	8″	8″	12″	8″	12″	重测一测回
一测回地面目标 2C 和恒星 2C 互差	10″	10″	14″	14″	20″	14″	20″	重测一测回
2C 绝对值	20″	20″	20″	20″	30″	20″	30″	重测一测回
各测回方位角互差	6″	6″	9″	9″	12″	9″	12″	重测超限测回，重测测回数不得超过总测回数的三分之一
目标高度角绝对值	1°	2°						读记照准部水准器读数加入水平轴倾斜改正
水平度盘行差	0.5″	0.5″						加入行差改正
测回数(星数)	18	9	12	4	6	2	3	
最少时间段数	4	2	3	1	1	1	1	
每时间段最多测回数	6	5	6					
夜晚最多测回数	10	8	6					

* g 为目镜测微器最小分格。

3.5.12 方位角观测的各测回度盘配置按下式计算：

$$C = A + G + M + S \qquad \cdots\cdots(1)$$

且：$G=180\times(i-1)/m$ （取至度）

$M=d\times(i-1)$ （取至分）

$S=L\times(i-0.5)/m$ （取至秒）

式中：A——方向概略值；

i——测回号；

m——测回数；

d——度盘分格值；

L——测微器周值。

3.5.13 正反天文方位角不符值不得大于：一等：±2.5″；二等：±4″。正反天文方位角不符值按下式计算：

$$\Delta\alpha = (\alpha_{12} - \alpha_{21} \pm 180^\circ) - (\lambda_1 - \lambda_2)\sin\phi_m \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：α_{12}、α_{21}——正反天文方位角；

λ_1、λ_2——两端点的天文经度；

ϕ_m——两端点的平均天文纬度。

3.5.14 一、二等天文经度观测的时间段不少于：一等：3、二等：2，进行人仪差测定时，应增加一个时间段；一、二等天文纬度观测的时间段数不少于一等：2、二等：1。同时测定经纬度时按最多时段数要求执行。一个时间段观测的测回数或星对数、恒星数不得超过其平均数的三分之一。

3.5.15 一个测站、一个时间段、或一个星组中舍去的观测测回数或星对数、恒星数不得超过其观测数的三分之一，否则该测站、时间段或星组观测成果作废。

4 人仪技术要求

4.1 观测员要求

观测员应由业务水平高、技术熟练且人仪差稳定的技术人员担任，并经过专门技术培训和技术部门认可方能上岗。

4.2 仪器配备

主要仪器配备要求见表4。

表4 仪器配备

仪　器	型　号	适用等级	技　术　要　求
经纬仪	DJ07 DJ1 DJ2	1、2 2～4 3、4	用于一等的经纬仪应配备有接触测微器或光电装置
石英钟或电子表		1～4	钟速互差不大于 $5\times2^{i-1}$ ms/h（i 为等级）
电子记时仪		1、2	
短波收讯机			

4.3 仪器检验

4.3.1 对于经纬仪的检验要求按照 JJG 414 执行。对于经纬仪使用中不涉及的部件检验项目可不作检验。

4.3.2 对于水准器的格值和质量检验按照 GB 12897—1991 的附录 B20 执行。

4.3.3 对于经纬仪的附加装置和石英钟应进行如下检测：

a）望远镜目镜测微器丝距的测定（见附录 D，出测前检测一次）；

b）接触测微器隙动差的测定（见附录 D，每测站检测一次）；

c）天文钟的检测（见附录 D，出测前检测一次）。

4.3.4 用于测定归心元素的钢卷尺每两年送检定场检测一次。

4.3.5 作业中对计时仪要经常进行检测，以保证计时仪正常、可靠，出现故障应送交专门检修部门修理。

4.4 人仪差测定

4.4.1 测定一、二等天文点的观测员，每期作业前后须在测区纬度相接近的基本天文点上测定人仪差。两次人仪差测定相隔时间不应超过一年。新观测员应酌情在一期作业中间加测一次人仪差。

4.4.2 人仪差和天文点的经度测定须采用同一方法并用同一仪器进行。若作业中调换仪器须重新测定人仪差。

4.4.3 一、二等天文测量相邻两次人仪差的变动分别不得超过 0.04 s 和 0.06 s。

4.4.4 测定人仪差时，不允许舍弃测定中误差合乎限差的任一组结果，且只准测一份成果。

4.5 仪器维护和使用

4.5.1 测量仪器是进行天文测量的必要工具，测量员必须精心维护和细心使用，使之经常处于完好状态，保证天文测量工作的顺利进行。仪器需定期保养，及时维修，并及时建立档案，以便记录仪器维护、检修、检定和使用情况。

4.5.2 经纬仪

4.5.2.1 仪器装箱时的注意事项：

a）将仪器各部件擦拭干净；当仪器受潮后，应晾干后方可装箱；

b）水平轴轴颈和支架轴承，应涂上高级钟表油，并用软纸包好；

c）测微器、水准器等也应用软纸包扎好，并用线系紧；

d）仪器与箱底的固结螺旋应旋紧，其他螺旋要适当放松；

e）水准器的气室内要保持有一定的空气，防止水准管破裂；

f）仪器运输时应旋转基座护套上端的制动环，使滚珠轴承停止作用；

g）搬动仪器时不得握拿望远镜、度盘以及仪器基座底壳。

4.5.2.2 仪器运输中应注意事项：

a）仪器托运时，必须有专人押运，仪器箱或套箱的顶面应贴上“精密仪器”、“小心轻放”、“防潮”、“防晒”等标签，侧面标记向上的箭头等不能倒置的记号；

b）装车和卸车时，必须有专人在场照顾，搬抬仪器要平拿轻放，以免仪器受剧烈震动和撞击。在任何情况下，仪器都不能倒置或侧置；

c）利用汽车运输仪器时，仪器箱应装在车身的前部，箱底部应垫一软垫；

d）将仪器升上或降下高标时，必须严格检查绳索、滑车等升降工具及其系结的牢固性。在整个升、降仪器过程中，必须由专人负责指挥，人员分工明确，动作协调一致，有组织有步骤地进行。

4.5.2.3 仪器使用中的注意事项：

a）安置仪器时，须将水平轴轴颈和支架轴承擦拭干净，轴颈和轴承可用绸布轻轻擦拭，禁止用手握轴颈磨光部位。为防止轴颈落上灰尘，应给轴颈加盖护罩；

b）调整水准器气泡长度时，切记不得剧烈抖动，以免损坏气室隔板；挂（跨）水准器不使用时，应放置在仪器箱内；

c）使用固定螺旋时，只需旋至刚好接触时为宜，不要固定过紧，以免仪器受损。

4.5.2.4 每日观测结束后，应进行下列工作：

a）用毛刷拂去仪器上的灰尘。物镜和目镜的透镜如有露水，可用镜头纸轻轻揩拭，不得用酒精或汽油擦洗。不许用手指触摸透镜表面；

b）将所有微动螺旋拧至螺旋中部位置。并用绸布擦拭轴颈，且当空气潮湿时，应涂上表油；

c）安置在观测幕内的仪器，每天观测结束后，应罩上仪器套，并须有人看管。如在高标上观测，每天工作结束后应将仪器装箱，盖上防雨布并绑在标架上。

4.5.3 天文钟

a）领取天文钟时须细心检查，并根据钟的档案资料，详细了解该钟的使用经历，作为工作时的参考。钟在使用期间必须由观测员亲自维护；

b）迁站时电子钟内的电池应取出。钟不得托运，须由专人随身携带，并应特别注意防止受振和快速转动；搬动钟时要轻拿轻放，并应注意使钟面保持水平。

4.5.4 电子计时仪

计时仪应放在通风干燥的地方，防止受潮；随时防止灰尘或脏物落在计时器内，平时应将计时器放在保护箱内；使用或运输过程中防止受振；每晚工作结束后要关闭电源。

4.5.5 收讯机

收讯机和电池应放在干燥通风的地方，防止受潮，并且要防止阳光曝晒，迁站时机内电池应取出。雷雨天应将外接天线接地，以防雷击。

5 观测方法

5.1 北极星任意时角法测定方位角

5.1.1 第一测回观测程序如下：

a）观测地面目标；

b）沿顺时针方向观测北极星；

c）沿顺时针方向第二次观测北极星；

d）沿顺时针方向第二次观测地面目标；

e）纵转望远镜，沿逆时针方向重复以上操作。

5.1.2 第二测回观测程序如下：

a）观测地面目标；

b）沿顺时针方向观测北极星；

c）纵转望远镜，沿顺时针方向第二次观测北极星；

d）沿顺时针方向第二次观测地面目标；

e）沿逆时针方向重复以上操作。

5.1.3 一般情况采用第一测回，对于 DKM3-A 经纬仪应采用第二测回。

5.1.4 采用 DJ07 仪器观测地面目标时，用望远镜目镜测微器的移动丝照准目标三次，每次读记测微鼓读数，然后读水平度盘读数。采用其他仪器观测地面目标时，照准一次后读水平度盘读数。

5.1.5 采用 DJ07 仪器观测北极星时，先读记挂（跨）水准器读数；采用第一测回若在 4 m 以上觇标上观测时应随即将挂（跨）水准器换置 180°；用移动丝照准目标三次并每次记录瞬间的钟面时和测微鼓读数；然后读记挂（跨）水准器读数，再读水平度盘读数；采用第一测回若在不超过 4 m 的觇标上或墩标上观测时应将挂（跨）水准换置 180°。采用其他仪器观测北极星时，照准北极星记录瞬间的钟面时，然后读记照准部水准器气泡两端读数。

5.1.6 采用 DJ07 仪器一测回观测中，水准器零点变动对于 T4 仪器不得大于 2.25 格，对于 DKM3-A 仪器不得大于 1.5 格，在 12 m 以上高标上观测时对于 T4 仪器可放宽到 3.0 格，对于 DKM3-A 仪器可放宽到 2.0 格。

5.1.7 一测回方位角观测值按下式计算：

$$a = D_A - (M_L + M_R)/2\{-(M_L - M_R)q/p + 0.16''p\cos\phi\} \quad \cdots\cdots(3)$$

其中：$q=(\csc Z_R-\csc Z_L)/2$

$p=\csc Z_L+\csc Z_R$

$$Z=\arccos(\sin\phi\sin\delta+\cos\phi\cos\delta\cos t)$$

$$M=D-\arcsin(\sin t\cos\delta/\sin Z)+V\mathrm{ctg}Z\{\pm(m-10)\mu\csc Z\}$$

$$t=15(S-\alpha)$$

式中：{ }——三、四等可不计算的项；

D——北极星半测回度盘位置观测值；

V——竖轴倾斜观测值；

μ——测微器格值；

m——测微器读数；

D_A——地面目标一测回度盘位置观测值；

L——北极星盘左位置；

R——北极星盘右位置；

S——半测回观测北极星时刻的恒星时；

α——半测回北极星的视赤径；

δ——半测回北极星的视赤纬；

ϕ——测站天文纬度(符号说明下同)。

5.2 南北星中天时角法测定方位角

5.2.1 观测恒星选用中天附近的南北星对，其星对应满足如下条件：

a) 天顶距应大于 15°，小于 75°；

b) $\cos\delta/\cos Z$ 一般应小于 1.5，最大不得大于 2；

c) 一对星的 $\cos\delta/\sin\phi$ 之差的绝对值小于 0.5；

d) 所有星对的 $\cos\delta/\cos Z$ 之差总和不大于 1；

e) 相邻两星的赤径差大于 12 min；

f) 恒星距子午圈的角距应不大于 2.5°；

g) 星等不弱于 5。

5.2.2 一测回观测程序如下：

a) 观测地面目标；

b) 沿顺时针方向观测南(或北)星；

c) 沿顺时针方向第二次观测地面目标；

d) 纵转望远镜，沿逆时针方向重复以上操作。

5.2.3 观测恒星时，应事先按观测星表配置经纬仪，待星进入视场后，读取照准部水准器两端读数，用十字丝竖丝照准星三次，每次照准同时读记表面时和水平度盘读数，然后再读取照准部读数。

5.2.4 半测回方位角观测值按下式计算：

$$a = D_A - D + \arcsin(\sin t\cos\delta/\sin Z) - V\mathrm{ctg}Z \qquad \cdots\cdots(4)$$

其中：$Z=\arccos(\sin\phi\sin\delta+\cos\phi\cos\delta\cos t)$

$$t=15(S-\alpha)$$

式中：D——南北星半测回度盘位置观测值；

D_A——地面半测回度盘位置观测值；

S——半测回南北星的恒星时；

α——半测回南北星的视赤经；

δ——半测回南北星的视赤纬。

5.3 太阳时角法测定方位角

5.3.1 选择太阳在日出后和日落前 2 h 内测定方位角。

5.3.2 一测回观测程序如下：

a）照准地面目标，读记水平度盘读数；

b）沿顺时针方向照准太阳，使太阳影像位于竖丝的右半部分中央，用竖丝切准太阳的左边缘，连续切准两次，每次读记表面时和水平度盘读数；

c）纵转望远镜，沿逆时针方向照准太阳，使太阳影像位于竖丝的左半部分中央，用竖丝切准太阳的右边缘，连续切准两次，每次读记表面时和水平度盘读数；

d）照准地面目标，读记水平度盘读数。

5.3.3 一测回方位角按下式计算：

$$a = D_A - D + \mathrm{arctg}[\sin t/(\sin\phi\cos t - \mathrm{tg}\delta\cos\phi)] \qquad \cdots\cdots(5)$$

且：$t = 15(S-\alpha)$

式中：D_A——测回地面目标度盘位置观测值；

D——测回太阳度盘位置观测值；

α——测回的太阳视赤经，计算方法见附录F；

δ——测回的太阳视赤纬，计算方法见附录F；

S——测回的地方恒星时。

5.4 津格尔法定经度

5.4.1 观测恒星选用位于同一等高圈的东西星对，其星对应满足如下条件：

a）星对的天顶距在20°～55°之间，特殊地区可放宽到60°；

b）一星对东、西星方位角分别在245°～295°和65°～115°范围内；

c）相邻两星对的时间间隔，以星对中央时刻为准应不小于7 min，采用电磁水准器可缩短至6 min；

d）星等一般不弱于5等。

5.4.2 观测限差和条件按表5执行。

表5 津格尔法观测经度限差和条件

项目	一等	二等	三等	四等	超限处理办法
点观测星对数≥	36	24	16	3	
人仪差观测星对数≥	48	36	—	—	
每星对经度互差≤，s	0.3	0.5	0.8	1.0	舍去超限星对
竖轴倾斜变化≤，格	6	6			校正仪器
气泡长度变化≤，格	0.4	0.4			重新观测

5.4.3 一对星的观测程序如下：

a）按观测星对的平均天顶距及东（或西）星的方位角安置好经纬仪，并使横轴水准器气泡精确居中；

b）设置好记时设备，准备记录时刻；

c）待星进入视场后，一、二等天文观测要求读记横轴水准器读数。当星进入观测区后，一、二等天文观测时用移动丝跟踪平分星象记录时刻，三、四等天文观测时读记星在竖丝附近经过水平丝的时刻；

d）旋转照准部按上述方法观测第二颗星。

5.4.4 一组星的观测程序应按照东星、西星、西星、东星或相反的次序交替进行。

5.4.5 一对星的天文经度观测值按下式计算：

$$\lambda = \alpha + n - m\{+\delta_a + \delta_r\} + \delta_a - S_g \qquad \cdots\cdots(6)$$

其中：$\alpha = (\alpha_E + \alpha_W)/2$

$m = \mathrm{arctg}(\mathrm{tg}\delta\mathrm{tg}\varepsilon\mathrm{ctg}t)$

$n = \arcsin(\mathrm{tg}\phi\mathrm{tg}\varepsilon\cos m/\sin t)$

$\varepsilon = (\delta_W - \delta_E)/2$

$\delta=(\delta_E+\delta_W)/2$

$t=15[(\alpha_E-\alpha_W)/2+(X_W-X_E)/2]$

$\delta_u=\pm(i_W-i_E)\tau''/(60\cos\phi\sin A_W)$（小分划在近物镜端时为＋，反之为－）

$\delta_r=-M_X\sin Z/(2\cos\phi\sin t_W\cos\delta_W)$

$\delta_a=0.021^s\cos Z$

$Z=\arccos(\sin\phi\sin\delta_W+\cos\phi\cos\delta_W\cos t_W)$

$t_W=15(S_g+\lambda'-\alpha_W-2^{min})$

式中：α_E、α_W——东西星视赤经；

δ_E、δ_W——东西星视赤纬；

X_E、X_W——东西星表面时；

ϕ——测站纬度；

λ'——测站近似经度；

τ''——水准器格值；

i_E、i_W——东西星水准器左右气泡读数和；

M_X——接触测微器隙动差；

S_g——表面时刻$(X_E+X_W)/2$时的格林尼治恒星时；

{ }——三、四等天文测量可不计算的改正项。

5.5 东西星高度法测定经度

5.5.1 采用此法进行四等天文观测时每测站至少观测的东西星对数：DJ1 为 2 对星，DJ2 为 3 对星，星对经度互差应小于 1.0 s，其星对应满足如下条件：

a）一星对的天顶距应小于 75°，且尽量相等；

b）东、西星方位角分别在 240°～300°和 60°～120°范围内；

c）星等应不弱于五等。

5.5.2 一对星观测程序如下：

a）按照观测东（或西）星的天顶距和方位角，安置好经纬仪，并读记气温和气压；

b）照准东（或西）星三次，同时每次读记表面时和竖盘读数；

c）纵转望远镜，操作如 b）；

d）读记气温和气压；

e）观测西（或东）星，重复以上操作。

5.5.3 一颗星的天文经度观测值按下式计算：

$$\lambda=\alpha+t-S_\alpha \qquad \cdots\cdots(7)$$

$$t=\arccos[(\cos Z-\sin\phi\sin\delta)/(\cos\phi\cos\delta)]/15$$

其中：$Z=Z'+R$

式中：α——恒星视赤经；

δ——恒星视赤纬；

Z'——一颗星的天顶距平均观测值；

R——蒙气差改正数；

S_α——一颗星平均观测时刻的格林尼治恒星时；

ϕ——测站纬度。

5.6 太阳高度法测定经度或纬度

5.6.1 选择太阳天顶距不大于 75°的卯酉圈附近测定经度；在子午圈左右各 1.5 h 内测定纬度。

5.6.2 采用此法进行四等天文观测至少采用的测回数：DJ1 为 4，DJ2 为 6。测定经度时上下午时段应

尽量对称。

5.6.3 一测回始末应读记气温和气压。

5.6.4 一测回观测程序如下：

a) 在盘左(或盘右)位置，使太阳影像位于视场下半部分的中央，用水平丝切准太阳的上边缘，连续切准两次，每次读记表面时和竖盘读数；

b) 纵转望远镜，使太阳位于视场上半部分的中央，用水平丝切准太阳的下边缘，连续切准两次，每次读记表面时和竖盘读数。

对于加鲁罗佛斯棱镜观测时，应使视场中四个太阳影像的交线与十字丝重合并固定棱镜位置后按上述步骤进行观测读数。

5.6.5 一测回经度、纬度按下式计算：

$$\lambda = \alpha + t - S_g \qquad \cdots\cdots(8)$$

$$\phi = m + n \qquad \cdots\cdots(9)$$

且：$t=\arccos[(\cos Z-\sin\phi\sin\delta)/(\cos\phi\cos\delta)/15]$

$t=15(S-\alpha)$

$m=\operatorname{arctg}(\operatorname{tg}\delta/\cos t)$

$n=\arccos(\cos Z\sin m/\sin\delta)$

$Z=Z'+R-P_0\sin Z'$

式中：α——一测回太阳的视赤经；

δ——一测回太阳的视赤纬；

Z'——一测回天顶距观测值；

P_0——太阳地平视差，可取为 8.8″；

S_g——一测回的格林尼治恒星时；

S——一测回地方恒星时。

5.7 塔尔格特法测定纬度

5.7.1 采用此法每测站用 DJ05 仪器至少观测中天时的南北星对数：一等为 10 对，二等为 6 对，其星对应满足如下条件：

a) 一星对平均天顶距小于 40°；

b) 一星对南、北星天顶距之差不得超过 16′；

c) 一星对赤经之差应在 3～15 min 之间；

d) 所有星对的南北星天顶距之差代数和不应超过±20′。

5.7.2 一对星观测程序如下：

a) 按照一星对的平均天顶距及第一颗星的方位角整置经纬仪，调整横轴水准器，使气泡居中；

b) 星进入视野后，读记横轴水准器两端读数，使移动丝概略平分星象，读记目镜测微器周数，当星依次经过五根垂直固定丝时，沿旋进方向使移动丝精确平分星象，同时读记测微器读数，最后再次读记水准器读数；

c) 将仪器照准部旋转 180°，按测第一颗星的方法，观测第二颗星。

5.7.3 观测过程中注意的事项：

a) 一观测时间段内的观测程序应按照水准器在望远镜东侧、西侧、西侧、东侧……或相反次序交替进行；

b) 当发现一颗星的五次测微器读数出现递增或递减时，应重新校正目镜测微器移动丝使其水平，并重新进行仪器定向；

c) 望远镜倾斜变化不宜过大，当(i_W-i_E)大于 6 时，应重新校正仪器。一颗星观测过程中气泡长度变化不得超过 0.4 格；

d）不允许测天顶星及用连续的三颗星组成两个观测星对。

5.7.4 一对星的天文纬度观测值按下式计算：

$$\phi = \delta + \Delta Z + (i_W - i_E)\tau/4 + K \quad \cdots\cdots(10)$$

且：$\delta=(\delta_S+\delta_n)/2$

$$\delta_n=\begin{cases}\delta_N & \text{（当北星不在下中天时）}\\ 180^\circ-\delta_N & \text{（当北星在下中天时）}\end{cases}$$

$$\Delta Z=\begin{cases}+(1+0.0175\sec^2 Z)(M_W-M_E)r/2 & \text{T4 仪器}\\ -(1+0.0175\sec^2 Z)(M_W-M_E)r/2 & \text{DKM3 仪器}\end{cases}$$

$$K=F_S\mathrm{tg}\delta_S+F_N\mathrm{tg}\delta_n$$

$$F=\Sigma f_i^2/(20\rho'')$$

$$Z=(\delta_S-\delta_n)/2$$

式中：δ_S、δ_N——南北星的视赤纬；

i_W、i_E——东西两侧时的水准器左、右气泡读数和；

M_W、M_E——东西侧时的测微器读数；

r——目镜测微器周值；

τ——水准器格值；

f_i——第 i 个移动丝的丝距。

5.8 恒星高度法测定纬度

5.8.1 观测恒星选用位于中天附近的南北星对或北极星。三等观测须选用南北星。对于测站纬度小于15°的地区，不得选用北极星。观测测回数对于三等不得少于 8 测回，四等不得少于 6 测回。南北星对应满足如下条件：

a）天顶距应小于 70°；

b）星对天顶距之差应小于 20°；

c）星对的赤经之差应小于 1 h；

d）距子午圈的角距大于 3°。

5.8.2 一测回始末应读记气温和气压。

5.8.3 一测回观测程序如下：

a）按照观测恒星的天顶距和方位角安置好仪器；

b）照准恒星三次，同时每次读记表面时和竖盘读数；

c）纵转望远镜，操作如 b）。

5.8.4 半测回纬度观测值按下式计算：

$$\phi = m + n \quad \cdots\cdots(11)$$

且：$m=\mathrm{arctg}(\mathrm{tg}\delta/\cos t)$

$n=\pm\arccos(\cos Z\sin m/\sin\delta)$（南星为＋，北星为－）

$Z=Z'+R$

$t=15(S-\alpha)$

式中：α——半测回恒星视赤经；

δ——半测回恒星视赤纬；

Z'——半测回天顶距观测值；

R——蒙气差改正数；

S——半测回平均观测时刻的恒星时。

5.9 多星等高法同时测定经纬度

5.9.1 观测恒星选用均匀分布在 60°或 45°等高圈上的恒星，其恒星距子午圈和卯酉圈的角距分别不

得小于 15°和 10°，采用光电装置时可放宽至 25°和 15°。

5.9.2 一等观测时须采用 DJ05 仪器附加光电装置，并须进行迟滞差测定。对于二～四等观测时须配备 60°或 45°等高棱镜，并在观测前应按附录 D 对等高棱镜进行校正。

5.9.3 观测条件见表 6。

表 6 多星等高法观测条件

项目		一等	二等	三等	四等
		DJ05 光电	DJ1	DJ1 DJ2	DJ1 DJ2
最少星组数	人仪差	12	8		
	天文点	10	6	3 4	2 3
每组最少采用星数		8	12	8	6
每象限最少星数		2	2	1	1

5.9.4 一组星观测始末和气温变化时应读记气温和气压。

5.9.5 一颗星的观测程序如下：

a）按照观测恒星的方位角安置好仪器；

b）当星进入视场后，调整水平微动螺旋，使星象将从视场中央通过。对于光电装置，作好自动跟踪星象准备；

c）待两星象重合时记录观测时刻，或待星即将进入光栅时，读记水准器读数，并自动记录时刻，记录时刻完毕，再立即读记水准器读数。

5.9.6 一组星的观测经纬度计算方法如下：

a）组成误差方程：

$$V_i = a_i r + b_i x + c_i y + l_i \qquad \cdots\cdots(12)$$

且：$a_i = 1$

$r = -\mathrm{d}Z$

$b_i = \cos A_i$

$x = -\mathrm{d}\phi$

$c_i = \sin A_i$

$A_i = \arcsin(-\cos\delta_i \sin t_i / \sin Z_0)$

$y = -15\cos\phi_0 \mathrm{d}\lambda$

$l_i = Z_i - Z_0 - n + \Delta_i$

$Z_i = \arccos(\sin\phi_0 \sin\delta_i + \cos\phi_0 \cos\delta_i \cos t_i)$

$Z_0 = Z' + R$

$t_i = S_i - \alpha_i$

式中：$\mathrm{d}Z$ —— 近似天顶距的改正数，(″)；

$\mathrm{d}\phi$ —— 近似纬度的改正数，(″)；

$\mathrm{d}\lambda$ —— 近似经度的改正数，(s)；

ϕ_0 —— 近似纬度；

α_i —— 恒星视赤经；

δ_i —— 恒星视赤纬；

Z' —— 观测天顶距，30°或 45°；

R —— 蒙气差改正数；

n —— 常数，一般取 $\Sigma(Z_i - Z_0)/n$，(″)；

Δ_i——利用光电装置观测时应加的水准器改正值,(″)。

b) 组成和解算法方程式;

c) 计算一组星的经纬度观测值:

$$\phi = \phi_0 - x \qquad \cdots\cdots(13)$$

$$\lambda = \lambda_0 - y/(15\cos\phi_0) \qquad \cdots\cdots(14)$$

d) 估计一组星的观测精度:

$$\mu = \sqrt{[VV]/(n-3)} \qquad \cdots\cdots(15)$$

$$m_\phi = \mu/\sqrt{P_x} \qquad \cdots\cdots(16)$$

$$m_\lambda = \mu/(15\cos\phi_0\sqrt{P_y}) \qquad \cdots\cdots(17)$$

式中:P_x——x 未知数的权;

P_y——y 未知数的权。

6 数据处理方法

6.1 时间计算

6.1.1 时号传播改正数按下式计算:

$$V_t = \begin{cases} d/285000 & d > 1\ 000\ \text{km 时的短波时号改正} \\ \sqrt{(R\sin d^\circ)^2 + [R(1-\cos d^\circ)+275]^2}/149900 & \\ d \leqslant 1\ 000\ \text{km 时的短波时号改正} & \\ d/252000\ \text{长波时号改正} & \end{cases} \qquad \cdots\cdots(18)$$

且:$d = 222.4d^\circ$

$$2d^\circ = \arccos[\sin\phi_1\sin\phi_2 + \cos\phi_1\cos\phi_2\cos(\lambda_2 - \lambda_1)]$$

$$R = 6\ 371$$

式中:d——测站距时号发播台的距离,km;

ϕ_1、ϕ_2——发播台、测站纬度;

λ_1、λ_2——发播台、测站经度。

6.1.2 世界时时号改正按下式计算:

$$t = t_0 + V_t + \Delta UT1 + \Delta t \qquad \cdots\cdots(19)$$

式中:t——接收到时号的世界时;

t_0——时号发播的名义世界时;

V_t——时号传播改正数;

$\Delta UT1$——协调世界时 $UT1$ 的近似改正数;

Δt——综合时号改正数,外业可不作计算。

6.1.3 由表面时按下式计算世界时:

$$t = t_1 + (X - X_1)(t_2 - t_1)/(X_2 - X_1) \qquad \cdots\cdots(20)$$

式中:t_1、t_2——两次收录时号的世界时;

X_1、X_2、X——两次收录时号的表面时和任意时刻的表面时。

6.1.4 儒略日数按下式进行计算:

$$J = 1721013.5 + 367Y - \text{INT}(7(Y + \text{INT}((M+9)/12))/4) + \text{INT}(275M/9) + D + h/24 \qquad \cdots\cdots(21)$$

式中:INT——取整数函数;

Y——公元年数;

M——月份；

D——日数；

h——时间，h。

6.1.5 格林尼治恒星时按下式计算：

$$S_g = 6^h41^m50.54841^s + 8640184.812866^sT_U + 0.093104^sT_U^2 - 6.2^s \times 10^{-6}T_U^3 + \Delta\psi\cos\varepsilon/15 \quad \cdots\cdots(22)$$

且：$T_U=(J_U-2451545.0)/36525$

式中：J_U——世界时刻所对应的儒略日数；

$\Delta\psi$——黄经章动，(″)；

ε——黄赤交角，计算见 6.2、6.3。

格林尼治恒星时也可以从中国天文年历中查取。

6.1.6 地方恒星时按下式计算：

$$S = S_g + \lambda$$

式中：S_g——格林尼治恒星时；

λ——测站经度。

6.1.7 质心力学时可按下式计算：

$$t_D = t + \Delta T$$

式中：t——世界时；

ΔT——质心力学时与世界时之差，可从中国天文年历中查取，或采用满足精度要求的经验拟合式计算。

6.2 恒星视位置计算

6.2.1 恒星视位置可以按照中国天文年历提供的方法查表计算，也可以按照本标准规定的方法计算。

6.2.2 恒星地心平赤道坐标按下式计算：

$$P = P_0 + R_Z(-90^\circ - 15\alpha_0)R_X(\delta_0 - 90^\circ)VT - \pi''E_B/\rho'' \quad \cdots\cdots(23)$$

且：$P_0=\begin{bmatrix}\cos\alpha_0\cos\delta_0\\ \sin\alpha_0\cos\delta_0\\ \sin\delta_0\end{bmatrix}$

$$V=\begin{bmatrix}15\cos U_\alpha^s/\rho''\\ U_\delta''/\rho''\\ k\pi''V_r/\rho''\end{bmatrix}$$

$T=(J_D-2451545)/36525$

$k=21.094953$

式中：α_0——J2000 历元的恒星平赤经；

δ_0——J2000 历元的恒星平赤纬；

U_α^s——赤经自行，s/世纪；

U_δ''——赤纬自行，(″)/世纪；

V_r——经向自行，km/s；

π''——恒星周年视差；

E_B——地球的太阳系质心坐标；

R——绕 X、Y、Z 轴的旋转矩阵；

J_D——力学时所对应的儒略日数。

6.2.3 进行光线弯曲和光行差改正的恒星地心平赤道坐标按下式计算：

$$P_2 = (\beta^{-1}P_1 + V_B + (P_1{}^TV_B)V_B(1+\beta^{-1}))/(1+P_1{}^TV_B) \quad \cdots\cdots(24)$$

且：$P_1=\overline{P}+(2\mu/c^2|E|)[(e-(P^Te)P)/(1+P^Te)]$

$\overline{P}=P/(P^TP)^{1/2}$

$e=E/|E|$

$|E|=(E^TE)^{1/2}$

$V_B=E_B/c=0.0057755E_B$

$\beta=(1-V_B^TV_B)^{-1/2}$

$\mu/c^2=9.87063\times10^{-9}$

式中：E——地球的日心坐标；

E_B——地球的太阳系质心坐标变率。

6.2.4 进行岁差和章动改正后的恒星地心真赤道坐标按下式计算：

$$P_3=NSP_2 \qquad \cdots\cdots(25)$$

且：$N=R_X(-\epsilon_A-\Delta\epsilon)R_Z(-\Delta\psi)R_X(\epsilon_A)$

$S=R_Z(-Z_A)R_Y(\theta_A)R_Z(-\zeta_A)$

$\epsilon_A=84381.448''-46.8150''T-0.00059T^2-0.001813T^3$

$\zeta_A=2306.2181''T+0.30188''T^2+0.017998''T^3$

$\theta_A=2004.3109''T-0.42665''T^2-0.041833''T^3$

$Z_A=2306.2181''T+1.09468''T^2+0.018203''T^3$

式中：$\Delta\epsilon$——黄赤交角章动；

$\Delta\psi$——黄经章动。

6.2.5 由直角坐标计算恒星球面视位置按下式计算：

$$\alpha=\mathrm{arctg}(Y/X) \qquad \cdots\cdots(26)$$

$$\delta=\arcsin[Z/(P_3^TP_3)^{1/2}] \qquad \cdots\cdots(27)$$

式中：α——视赤经；

δ——视赤纬；

X——X 轴坐标分量；

Y——Y 轴坐标分量；

Z——Z 轴坐标分量。

6.3 章动计算

6.3.1 章动序列常数见表 7。

表 7 章动序列常数

引数					黄经		交角	
m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	a	b	c	d
0	0	0	0	1	−171996	−174.2	92025	8.9
0	0	2	−2	2	−13187	−1.6	5736	−3.1
0	0	2	0	2	−2274	−0.2	977	0.5
0	0	0	0	2	2062	0.2	−895	0.5
0	1	0	0	0	1426	−3.4	54	−0.1
1	0	0	0	0	712	0.1	−7	0.0
0	1	2	−2	2	−517	1.2	224	−0.6
0	0	2	0	1	−386	−0.4	200	0.0
1	0	2	0	2	−301	0.0	129	−0.1
0	−1	2	−2	2	217	−0.5	−95	0.3
1	0	0	−2	0	−158	0.0	−1	0.0

表 7(续)

引数					黄经		交角	
m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	a	b	c	d
0	0	2	−2	1	129	0.1	−70	0.0
−1	0	2	0	2	123	0.0	−53	0.0
1	0	0	0	1	63	0.1	−33	0.0
0	0	0	2	0	63	0.0	−2	0.0
−1	0	2	2	2	−59	0.0	26	0.0
−1	0	0	0	1	−58	−0.1	32	0.0
1	0	2	0	1	−51	0.0	27	0.0
2	0	0	−2	0	48	0.0	1	0.0
−2	0	2	0	1	46	0.0	−24	0.0
0	0	2	2	2	−38	0.0	16	0.0
2	0	2	0	2	−31	0.0	13	0.0
2	0	0	0	0	29	0.0	−1	0.0
1	0	2	−2	2	29	0.0	−12	0.0
0	0	2	0	0	26	0.0	−1	0.0
0	0	2	−2	0	−22	0.0	0	0.0
−1	0	2	0	1	21	0.0	−10	0.0
0	2	0	0	0	17	−0.1	0	0.0
0	2	2	−2	2	−16	0.1	7	0.0
−1	0	0	2	1	16	0.0	−8	0.0
0	1	0	0	1	−15	0.0	9	0.0
1	0	0	−2	1	−13	0.0	7	0.0
0	−1	0	0	1	−12	0.0	6	0.0
2	0	−2	0	0	11	0.0	0	0.0
−1	0	2	2	1	−10	0.0	5	0.0
1	0	2	2	2	−8	0.0	3	0.0
0	−1	2	0	2	−7	0.0	3	0.0
0	0	2	2	1	−7	0.0	3	0.0
1	1	0	−2	0	−7	0.0	0	0.0
0	1	2	0	2	7	0.0	−3	0.0
−2	0	0	2	1	−6	0.0	3	0.0
0	0	0	2	1	−6	0.0	3	0.0
2	0	2	−2	2	6	0.0	−3	0.0
1	0	0	2	0	6	0.0	0	0.0
1	0	2	−2	1	6	0.0	−3	0.0
0	0	0	−2	1	−5	0.0	3	0.0
0	−1	2	−2	1	−5	0.0	3	0.0
2	0	2	0	1	−5	0.0	3	0.0
1	−1	0	0	0	5	0.0	0	0.0
1	0	0	−1	0	−4	0.0	0	0.0
0	0	0	1	0	−4	0.0	0	0.0
0	1	0	−2	0	−4	0.0	0	0.0
1	0	−2	0	0	4	0.0	0	0.0
2	0	0	−2	1	4	0.0	−2	0.0
0	1	2	−2	1	4	0.0	−2	0.0
1	1	0	0	0	−3	0.0	0	0.0
1	−1	0	−1	0	−3	0.0	0	0.0
−1	−1	2	2	2	−3	0.0	1	0.0

表 7(完)

引数					黄经		交角	
m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	a	b	c	d
0	−1	2	2	2	−3	0.0	1	0.0
1	−1	2	0	2	−3	0.0	1	0.0
3	0	2	0	2	−3	0.0	1	0.0
−2	0	2	0	2	−3	0.0	1	0.0
1	0	2	0	0	3	0.0	0	0.0
−1	0	2	4	2	−2	0.0	1	0.0
1	0	0	0	2	2	0.0	1	0.0
−1	0	2	−2	1	−2	0.0	1	0.0
0	−2	2	−2	1	−2	0.0	1	0.0
−2	0	0	0	1	−2	0.0	1	0.0
2	0	0	0	1	2	0.0	−1	0.0
3	0	0	0	0	2	0.0	0	0.0
1	1	2	0	2	2	0.0	−1	0.0
0	0	2	1	2	2	0.0	−1	0.0
1	0	0	2	1	−1	0.0	0	0.0
1	0	2	2	1	−1	0.0	1	0.0
1	1	0	−2	1	−1	0.0	0	0.0
0	1	0	2	0	−1	0.0	0	0.0
0	1	2	−2	0	−1	0.0	0	0.0
0	1	−2	2	0	−1	0.0	0	0.0
1	0	−2	2	0	−1	0.0	0	0.0
1	0	−2	−2	0	−1	0.0	0	0.0
1	0	2	−2	0	−1	0.0	0	0.0
1	0	0	−4	0	−1	0.0	0	0.0
2	0	0	−4	0	−1	0.0	0	0.0
0	0	2	4	2	−1	0.0	0	0.0
0	0	2	−1	2	−1	0.0	0	0.0
−2	0	2	4	2	−1	0.0	1	0.0
2	0	2	2	2	−1	0.0	0	0.0
0	−1	2	0	1	−1	0.0	0	0.0
0	0	−2	0	1	−1	0.0	0	0.0
0	0	4	−2	2	1	0.0	0	0.0
0	1	0	0	2	1	0.0	0	0.0
1	1	2	−2	2	1	0.0	−1	0.0
3	0	2	−2	2	1	0.0	0	0.0
2	0	2	2	2	1	0.0	−1	0.0
−1	0	0	0	2	1	0.0	−1	0.0
0	0	−2	2	1	1	0.0	0	0.0
0	1	2	0	1	1	0.0	0	0.0
−1	0	4	0	2	1	0.0	0	0.0
2	1	0	−2	0	1	0.0	0	0.0
2	0	0	2	0	1	0.0	0	0.0
2	0	2	−2	1	1	0.0	−1	0.0
2	0	−2	0	1	1	0.0	0	0.0
1	−1	0	−2	0	1	0.0	0	0.0
−1	0	0	1	1	1	0.0	0	0.0
−1	−1	0	2	1	1	0.0	0	0.0
0	1	0	1	0	1	0.0	0	0.0

6.3.2 章动基本引数按下式计算：

l =月球平近点角

$$=134°57'46.773''+(1325^r+198°52'02.663'')T+31.310''T^2+0.064''T^3 \quad \cdots\cdots(28)$$

l' =太阳平近点角

$$=357°31'39.804''+(99^r+359°03'01.224'')T-0.577''T^2-0.012''T^3 \quad \cdots\cdots\cdots(29)$$

$F=L-\Omega$(式中：L = 月球平黄经)

$$=93°16'18.877''+(1342^r+82°01'03.137'')T-13.257''T^2+0.011''T^3 \quad \cdots\cdots\cdots(30)$$

D =日月平角距

$$=297°51'01.307''+(1236^r+307°06'41.328'')T-6.891''T^2+0.019''T^3 \quad \cdots\cdots(31)$$

Ω =月球升交点平黄经

$$=125°02'40.280''-(5^r+134°08'10.539'')T+7.455''T^2+0.008''T^3 \quad \cdots\cdots(32)$$

6.3.3 黄经和交角章动按下式计算：

$$\Delta\psi=\sum_{i=1}^{106}(a_i+b_iT)\sin H_i \quad \cdots\cdots\cdots(33)$$

$$\Delta\varepsilon=\sum_{i=1}^{106}(c_i+d_iT)\cos H_i \quad \cdots\cdots\cdots(34)$$

且：$H_i=m_{1i}l+m_{2i}l'+m_{3i}F+m_{4i}D+m_{5i}\Omega$

式中：$\Delta\psi$——黄经章动；

$\Delta\varepsilon$——交角章动；

$a_i\sim d_i$，$m_{1i}\sim m_{5i}$——章动序列常数。

6.4 观测计算

6.4.1 恒星天顶距观测值的蒙气差改正值按下式计算：

$$R=R_0(1+\alpha A+B) \quad \cdots\cdots\cdots(35)$$

且：$R_0=60.1158\mathrm{tg}Z'-0.0176\mathrm{tg}^2Z'-0.0599\mathrm{tg}^3Z'$

$\alpha=1+0.0012\mathrm{tg}^2Z'$

$$A=\frac{-0.00383t}{1+0.00367t}$$

$$B=\frac{P}{1013.25}-1$$

式中：Z'——天顶距观测值；

P——气压观测值，hPa(mbar)；

t——气温观测值，℃。

6.4.2 观测值的权按下式计算：

$$P_i=\begin{cases}1 & \text{各组观测恒星数相同时}\\ (c/m_i)^2 & \text{其他}\end{cases} \quad \cdots\cdots\cdots(36)$$

式中：c——常数；

m_i——观测值的中误差。

6.4.3 测站经纬度、方位角观测值按下式计算：

$$X=\frac{\Sigma P_iX_i}{\Sigma P_i} \quad \cdots\cdots\cdots(37)$$

式中：X_i——经纬度、方位角观测值；

P_i——观测值的权。

6.4.4 测站观测值中误差按下式计算：

$$m_X = \sqrt{\frac{\Sigma P_i V_i^2}{(k-1)\Sigma P_i}} \qquad \cdots\cdots(38)$$

且：$V_i = X_i - X$

式中：k——观测值个数。

6.4.5 对于测定人仪差后的天文经度综合中误差按下式计算：

$$M_\lambda = \sqrt{m_\lambda^2 + m_r^2 + m_\delta^2} \qquad \cdots\cdots(39)$$

式中：m_λ——测站天文经度观测中误差；

m_r——人仪观测中误差；

m_δ——人仪差变动中误差。

6.5 观测归算

6.5.1 天文方位角归算改正值按下式计算：

$$\begin{aligned}\Delta\alpha = {} & \rho''/S(e_S\sin\theta_S + e_P\sin\theta_P) \\ & + \rho''/a((e_S\sqrt{1-e^2\sin^2\phi})\sin\alpha_S\mathrm{tg}\phi + e^2/2H_P\cos^2\phi\sin 2A) \\ & - (x\sin\lambda + y\cos\lambda)\sec\phi \end{aligned} \qquad \cdots\cdots(40)$$

式中：e_S、e_P——分别为测站点和照准点的偏心距；

θ_S、θ_P——分别为测站点和照准点的偏心角；

S——测站标石中心点到照准标石中心点的距离；

α_S——测站偏心点相对于测站中心点的天文方位角；

A——测站点到照准点的天文方位角；

ϕ——测站中心点的天文纬度；

H_P——照准点的高程；

a——椭球长半径；

e——椭球第一偏心率；

x、y——地极坐标。

6.5.2 天文纬度归算值按下式计算：

$$\Delta\phi = \rho''(1-e^2\sin^2\phi)^{3/2}/[a(1-e^2)]e_S\cos\alpha_S - 0.171''H_S\sin 2\phi + y\sin\lambda - x\cos\lambda \qquad \cdots\cdots(41)$$

式中：H_S——测站点高程，km。

6.5.3 天文经度归算值按下式计算：

$$\begin{aligned}\Delta\lambda = {} & \rho''\sqrt{1-e^2\sin^2\phi}/ae_S\sin\alpha_S\sec\phi \\ & - (x\sin\lambda + y\cos\lambda)\mathrm{tg}\phi/15 + (\mathrm{d}\lambda_1 + \mathrm{d}\lambda_2)/2 \end{aligned} \qquad \cdots\cdots(42)$$

式中：$\mathrm{d}\lambda_1$、$\mathrm{d}\lambda_2$——测前、测后人仪差，s。

7 资料整理与上交

7.1 成果记录

7.1.1 成果中的一切数字、文字记载应正确、清楚、格式统一。

7.1.2 野外观测的一切原始数据和记录项目，须在现场逐项记录在规定格式的载体中，严禁转抄、补记等。

7.1.3 读错或记错秒数或测微器格数时应予以重测。更正其他错误时，应将错字用一横线整齐地划去，并在上方写上正确数字或文字，不得就字改字或使用橡皮，严禁连环改动数字。超限的读数用横线划去。整测站和整页成果作废，应用斜线划去。所有更正的数字或划去的数字均应注明原因。

7.1.4 在计算机上记录的一切原始数据和计算结果应严格检查。用于计算的程序应严格调试并经审批方可使用。

7.1.5 所有记录的时间和日期均以世界时为准。

7.1.6 每时间段始末应记录天气、气温、气压、风向和风力等气象情况。若天气有较大变化时，要随时记载。

7.1.7 观测成果中除记录规定的观测数据外，还应记录诸如：观测方法、等级、使用仪器、施测单位、观测记录者、点名、点号、点的坐标高程等。根据观测需要，在手簿中应绘制偏心观测略图。注记水准器零分划位置、仪器固定丝编号等。

7.1.8 每点观测结束后，应对工作情况、工作环境、条件、发生问题和处理情况，以及经验、体会等作以记载。

7.2 成果整理

7.2.1 所有记录、计算和成果说明等资料均应分别装订成册(或包装成袋)，并以同期项目为单位统一包装。

7.2.2 装订成册的资料应按项目、时间统一编号和编写目录，并附有检查验收意见及有关说明。

7.3 技术总结、检查验收和质量评定

一期天文测量作业完成后，须按 CH 1001、CH 1002、CH 1003 进行技术总结、检查验收、质量评定。

7.4 上交资料

一期天文测量作业完成后，须上交下列资料：

a) 仪器检验和常数测定等记录和计算资料；

b) 天文观测所用的各种观测手簿、计算资料、成果表等；

c) 天文测量布点资料；

d) 技术设计、技术总结、检查验收报告。

附 录 A
（标准的附录）
时号收录方法

A1 收录时号 一般可选用陕西天文台 BPM 授时台发播的时号。

A2 用于天文测量的守时钟的表面时，一般用电子计时仪进行测定，对于四等天文测量可采用耳目法进行测定。

A3 分别测定对称于中央时号的五个时号的表面时，并求出中央时号的平均表面时。

A4 电子计时仪记录时表面时应记录到 0.001 s，耳目法记录时应记录到 0.1 s。

A5 中央时号的世界时计算按 6.1 执行。

附 录 B
（标准的附录）
仪器定向方法

B1 一般规定

B1.1 通过把经纬仪的度盘零位置设置在子午方向上完成仪器定向，且定向偏差应小于 2′。

B1.2 仪器定向可根据观测条件利用已知方向法、北极星法、太阳法或南北星法进行定向。

B1.3 仪器定向所需测站近似经纬度坐标可利用已知大地坐标结果或从不小于 1∶10 万比例尺的地图上查取。

B2 已知方向法

B2.1 利用测站和方位点的大地坐标计算出大地方位角。

B2.2 在测站安置经纬仪照准方位点。

B2.3 利用大地方位角设置好度盘位置。

B3 北极星法

B3.1 照准北极星，读记表面时 X。

B3.2 利用表面时和测站近似经度计算地方恒星时 S。

B3.3 利用测站近似纬度和地方恒星时计算北极星方位角或从《中国天文年历》中查取。

B3.4 利用北极星的方位角设置度盘位置。

B4 太阳法

B4.1 分别在盘左盘右位置照准太阳，读记表面时和竖盘读数。

B4.2 计算平均观测时刻的力学时和太阳的天顶距（需进行蒙气差改正），从《中国天文年历》中查取平均观测时刻的太阳视赤经 α 和视赤纬 δ 或者进行计算。

B4.3 按下式计算太阳的方位角

$$A_N = \arccos[(\sin\delta - \sin\phi\cos Z)/\cos\phi\sin Z]$$

B4.4 利用太阳的方位角设置度盘位置。

B5 南北星法

B5.1 将经纬仪度盘零位置概略设置在子午方向上。

B5.2 参照 5.2 条分别观测南北星中天时的时刻，并计算南北星的方位角。

B5.3 利用南(或北)星的方位角设置度盘位置，利用北(或南)星作检查。

附 录 C

(标准的附录)

归心元素的测定

C1 偏心距测定

C1.1 偏心距用钢卷尺往、返各丈量一次，两次结果互差，对于方位角归心应小于 5 mm，对于经纬度归心应小于 20 mm。

C1.2 为了把丈量的距离化算为平距，应测定倾斜角两测回，其互差不大于 1′，倾斜角观测与距离丈量的起止点必须一致。

C2 偏心角测定

C2.1 偏心角观测两测回，测回间度盘变化 90°，两测回结果互差应不大于 30″。

C2.2 根据参考方位，偏心角观测可以在偏心点或中心点上进行。

C3 参考方位测定

C3.1 参考方位尽量选用已知方向，如方位角观测结果，通过大地坐标解算的方位角。

C3.2 当无已知方向时，可用规定的天文方位角测量方法观测两个测回，测回间变化水平度盘 90°，两测回的结果互差不得大于 30″。

C4 图解归心元素测定

C4.1 对于在觇标上进行天文方位角观测和照准觇标的偏心观测采用图解法测定归心元素。

C4.2 测前测后应至少各进行一次图解归心元素测定。两次测定时间间隔超过一个月时应增加测定次数。在观测过程中，如遇暴风雨等对觇标的稳定性发生怀疑时，须进行归心元素检测。测定正、反方位角时，测站偏心点的测后投影可作为照准点的测前投影，照准偏心点的测后投影可作为测站的测前投影。

C4.3 图解归心元素投影时，分别在投影面交角约为 60°或 120°的三个仪器位置上按盘左盘右位置进行投影。如因地形限制，亦可在交角约 90°的两个位置连续投影两次。

C4.4 投影误差三角形的最长边或误差四边形的长对角线不得大于 5 mm。

C4.5 在基板上可以用“正刺”、“反刺”、“交会”的方法确定偏心点在投影纸上的位置，并在投影纸上注明方法。

C4.6 由投影中心向地面目标和另一固定目标描绘方向线，并测定两方向间的夹角两测回，其观测角值与描绘角值互差不大于 2°。

附 录 D
（标准的附录）
仪器检验方法

D1 望远镜目镜测微器丝距的测定

D1.1 测前准备

D1.1.1 整置仪器水平和仪器定向(定向误差应不大于 2′)。转动测微器箱,利用北极星或地面目标严密调整固定丝垂直。

D1.1.2 选星:在《中国天文年历》恒星视位置表中,从预定观测的恒星时刻开始,选取 $\delta<80°$的北星,按下式计算各星上中天的时刻 S 和天顶距 Z。

$$S = \alpha \qquad \cdots\cdots(D1)$$

$$Z = \delta - \phi \qquad \cdots\cdots(D2)$$

D1.2 观测方法

D1.2.1 根据所选恒星中天的时刻约提前 5 min 按其天顶距整置望远镜。

D1.2.2 按耳目法读记恒星经过各固定丝的表面时刻,通常以目镜西时上中天恒星首先通过的固定丝作为第一根丝。

D1.3 丝距的计算

D1.3.1 根据一颗星的观测结果,按下式计算各丝的丝距:

$$f_i' = 15\Delta S_i \cos\delta_i \qquad \cdots\cdots(D3)$$

式中:ΔS_i——恒星通过各丝与过中丝的恒星时之差。

D1.3.2 观测 4～6 颗星,取各星测定的同一根丝丝距 f_i' 的中数 f_i 作为某一丝距的最后值。

D2 接触测微器隙动差的测定

D2.1 将望远镜安置在天顶距 35°的位置上,以望远镜视场内固定丝的双丝部分为照准目标,依次旋进和旋出测微器手轮,将动丝精确置于双丝中央,并读记测微鼓读数,旋进或旋出的读数差,即为隙动差。连续测定十次为一组,每次测定隙动差应测两组。两组取中数即得隙动差 M_X。

D2.2 当使用的仪器固定丝网没有双丝部分时,可选择其他较清晰的固定丝为照准目标。为了减少照准误差,隙动差测定应在视场亮度良好的情况下进行,一般在测表差前以自然光为背景测定为宜。

D2.3 当隙动差小于 0.005″和出现负值时,在表差计算中可不加此项改正。

D3 等高棱镜校正

D3.1 校正准备

给经纬仪配备一准直目镜,安置整平经纬仪和等高棱镜,并对无旁远调焦。

D3.2 等高棱镜底面与视准轴垂直校正

启动准直目镜光源,使视场内的十字丝及其反射呈像清晰,调正棱镜板上的校正螺旋,使十字丝正反像重合。

D3.3 等高棱镜前棱水平校正

在等高棱镜前棱的前面正上方悬挂一细线,并将前棱整置水平后,在水银盘上倒注适量的水银;若在目镜端两条细线呈像不重合,则可调正前棱校正螺旋,使细线呈像重合后再调正等高棱镜圆水准器校正的螺旋使气泡居中。

D4 天文钟的检测

D4.1 每隔 1～5 h 收录一次时号，共收录同一时号 11 次。

D4.2 按下式计算出 10 个钟速

$$W_i = (t_{i+1} - t_i)/(X_{i+1} - X_i) - 3600 \qquad \cdots\cdots(D4)$$

式中：t_i——收录时号的世界时，s；

X_i——收录时号的表面时，h。

D4.3 钟速互差一般不得大于 $5\times 2^{i-1}$ms（i 为等级）。

附 录 E
（提示的附录）
子午线标定方法

E1 标定准备

E1.1 子午线标定时除准备天文观测设备外，还需准备如下设备：

a）天文观测用经纬仪的准直目镜一个；

b）带有准直目镜的 DJ1 经纬仪 1～2 台；

c）平面反射镜和准直平行光管一套。

E1.2 准直平行光管用于维持子午方向，平面反射镜用于检验子午方向变化。准直平行光管和平面镜应配备有可调节上下左右方向变化的机座。

E1.3 仪器检验按照第 4 章要求检验。

E1.4 在室外开阔地方选择一点 A 作为天文观测站点，在室内选择一点 B 作为子午放样测站点，且 B 点位于平面镜和准直平行光管前面，同时三者构成一直线。A、B 两点要求通视，否则应加一个过渡点。

E1.5 在 A、B 两点应建造仪器观测墩，在室内符合要求的位置建造固定平面镜和准直平行光管的子午基准工作台。工作台和观测墩应稳定牢靠，其高度应保证准直平行光管视准线水平。工作台的子午方向可采用适当简单方法进行放样，其精度视子午方向调节范围而定。

E2 观测方法

E2.1 按二等要求测定 A 点的天文经纬度。

E2.2 在 A 点安置天文经纬仪，在 B 点安置准直经纬仪。通过概略观测，把准直光管视准线概略调准子午方向，并置水平。

E2.3 采用北极星任意时角法按一等要求在 A 点观测天文方位角。

E2.4 在 B 点采用同步对向观测法观测次序与 A 点相对应，按一等要求测定平行光管视准线的方位角。当在 A 的经纬仪照准 B 点的经纬仪时，B 点的经纬仪同时对照准 A 点的经纬仪，同时注意相互照准后在完成观测读数前应不再移动目标。

E2.5 在 A、B 点同步对向观测时的经纬仪照准目标为目镜的十字丝并事先对无穷远调焦，并使各照准目标呈像清晰，在观测中一般不得调焦。

E2.6 观测平行光管视准线的天文方位角不得少于 9 个测回，测回间应变换度盘位置。各测回方位角观测值互差不得大于 6″。

E2.7 计算出平行光管视准线的天文方位角并加入子午收敛角改正后，观测平行光管视准线所在的度盘位置 9 个测回（不能变换度盘）。

E2.8 根据平行光管视准线的天文方位角和度盘位置，计算出子午方向的度盘位置，并以此调整平行

光管，使其视准线水平指向子午方向后进行固定。

E2.9 调整好平行光管后，应反复检测其度盘位置 9 个测回，且与子午位置互差不得大于 0.5″，直至第二天仍符合检测要求。

E2.10 利用调整好子午方向的平行光管，把平面镜中心法线调整到与平行光管视准线重合，并固定平面镜。

附 录 F

（标准的附录）

太阳视位置计算方法

F1 适用范围

本标准规定了太阳视位置计算方法，适用于利用太阳进行四等天文观测时的太阳视位置计算。

F2 太阳视黄经计算

$$\begin{aligned}L_0 = {} & 279.69019 + 36000.76892T \\ & + (1.91946 - 0.00479T')\sin G + 0.02000\sin 2G \\ & + 0.00029\sin 3G + 0.00179\sin D \\ & + 0.00134\cos(299 + V + G) + 0.00154\cos(148 + 2V - 2G) \\ & + 0.00069\cos(316 + 2V - 3G) + 0.00043\cos(345 + 3V - 4G) \\ & + 0.00028\cos(318 + 3V - 5G) \\ & + 0.00057\cos(344 - 2M + 2G) + 0.00049\cos(200 - 2M + G) \\ & + 0.00200\cos(180 - J + G) + 0.00072\cos(263 - J) \\ & + 0.00076\cos(87 - 2J + 2G) + 0.00045\cos(109 - 2J + G) \\ & - 0.00479\sin\theta - 0.00035\sin(2L) \qquad \cdots\cdots (F1)\end{aligned}$$

其中：$T = \{367Y - \mathrm{INT}(7(Y + \mathrm{INT}((M+9)/12))/4) + \mathrm{INT}(275M/9) + D + h/24 - 694006.5\}/36525$

$G = 358.475 + 35999.050T$

$M = 319.856 + 19140.007T$

$D = 350.737 + 445267.110T$

$V = 213.208 + 58517.400T$

$J = 225.331 + 3034.600T$

$\theta = 259.133 - 1934.100T$

$L = 279.69019 + 36000.76892T + 0.0003T^2$

其中：Y——年份；

M——月份；

D——日数；

h——世界时，h；

INT——取整数函数。

F3 太阳视位置计算

$$\alpha = \mathrm{arctg}(\sin L_0 \cos\varepsilon / \cos L_0) \quad \cdots\cdots (F2)$$

$$\delta = \arcsin(\sin L_0 \sin\varepsilon) \quad \cdots\cdots (F3)$$

其中：$\varepsilon = 23.45229 - 0.01301T + 0.00256\cos\theta$