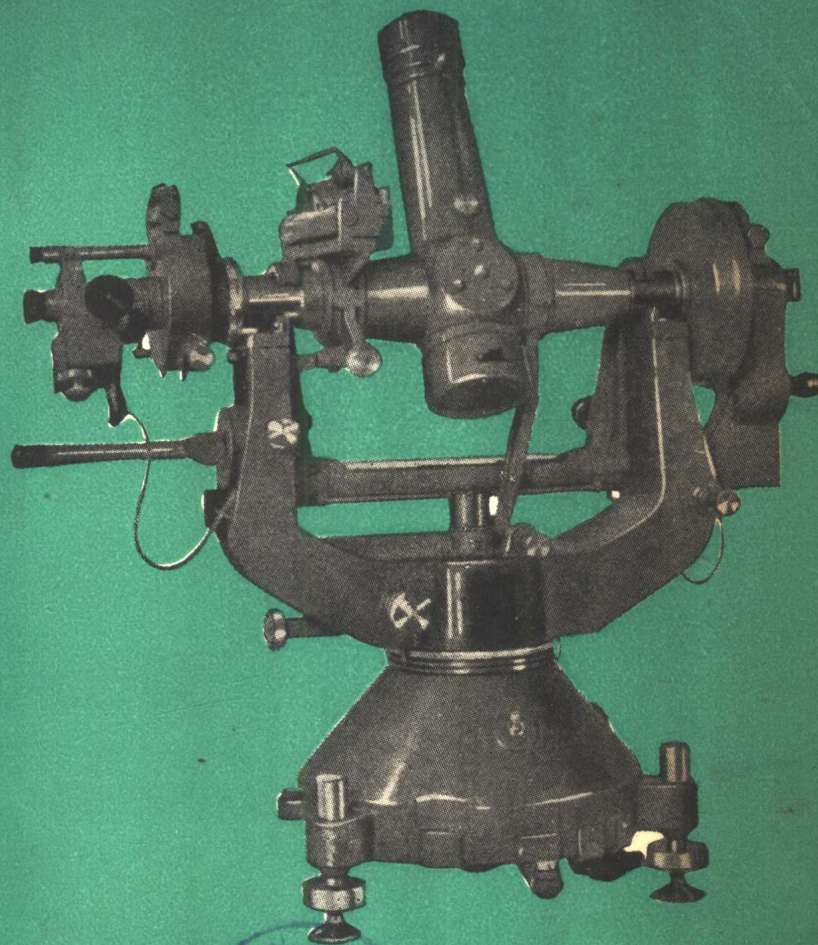
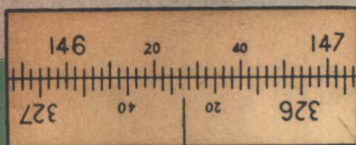


成都工学院图书馆
集本館藏

369776

213266
1072

夏 坚 白 宋 成 骅 吳 家 让 編 著



全能经纬仪T4的检验与应用

国家质量监督检验检疫总局 中国合格评定国家认可委员会 批准

中国合格评定国家认可委员会
批准



全能经纬仪下的检验与应用

全能经纬仪T₄的检验与应用

夏 坚 白 宋 成 驊 吳 家 让 編 著

中 国 工 业 出 版 社

本书共有十六章，内容分三大部分：第一部分讨论全能经纬仪 T_4 的构造，安置和校正；第二部分讨论仪器的检验，对于水平度盘直径误差，仪器常数和仪器轴颈的检验都作了系统的叙述；第三部分介绍六种精密天文测量方法，各种方法都有理论、计算公式和适合于全能经纬仪 T_4 的观测纲要和示例。

本书可供天文测量工作者、天文大地测量专业师生和研究人員、以及有关科技工作者参考。

全能经纬仪 T_4 的检验与应用

夏坚白 宋成驊 吳家詒 編著

*

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）

北京市书刊出版业营业许可证出字第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 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 $17^{1/4}$ · 插页 2 · 字数 371,000

1965年5月北京第一版·1965年5月北京第一次印刷

印数 0001—2,740 · 定价（科五）2.00元

*

统一书号：15165·3560（测绘-132）

序

全能經緯儀 T_4 是近代精密光学經緯儀之一，近十年來，在我国的天文測量作業中，主要採用這種儀器。

由于当前論述光学經緯儀的有关書籍原已較少，而專門討論全能經緯儀 T_4 的檢驗與應用的專著則更為罕見，不少天文測量工作者和天文大地測量研究人員以及有关的科技工作者，都希望能有一本关于这方面叙述比較全面的書籍。有鑑于此，我們在过去的三年內，参考有关資料，做了各种試驗性的研究，就全能經緯儀 T_4 的構造、安置、校正、檢驗和應用写成此书，以應需要。

全书共十六章，內容可以分成三个部分：

第一部分：共四章，扼要地叙述儀器的構造、安置和校正，為儀器的檢驗和應用提供基礎知識。

第二部分：共六章，對一等天文測量所需要的儀器檢驗項目，都作了系統的闡述和探討。其中對於水平度盤直徑誤差，儀器常數和儀器軸頸的檢驗，叙述又更為詳盡一些，並在實驗和資料分析的基礎上，提出了適合于全能經緯儀 T_4 的檢驗綱要和實用公式；同時對於国际上所採用的不同檢驗方法，也較全面地加以論述，並進行了實驗和比較，提出了我們的意見。

第三部分：共六章，介紹了当前国际上广泛採用的六種精密天文測量方法：中天法測時，子午星對法測時，司退爾納克法測定緯度，彼夫佐夫法測定緯度，子午星對法測定方位角，大距星對法測定方位角。對於每種方法都根據全能經緯儀 T_4 的特點，提出了基本理論、計算公式和觀測綱要，並附有示例。對於成果的計算，還分別設計了各種表式，以供實際作業的參考。關於目前我国在一等天文測量中所採用的三種方法：金格爾法測時，太爾各特法測定緯度，北极星任意時角法測定方位角，因在大地天文学中已有詳細論述，故不再重複。

在本书写作过程中，陆銘书和王文兴兩同志，参加了試驗、計算等工作。并承龔謹、王昆杰和唐务浩三位同志詳閱原稿，提出許多寶貴意見，我們已根據這些意見作了修改，在此向他們致以衷心的感謝。

我們歡迎讀者提出意見，以便今后修訂。

編 著 者

1964年3月

目 录

第 一 章 仪器的构造	1
§ 1-1 概述	1
§ 1-2 望远镜	3
§ 1-3 轴系	5
§ 1-4 水准器	5
§ 1-5 度盘和读数设备	6
§ 1-6 望远镜目镜和目镜接触测微器	7
§ 1-7 照明设备	9
第 二 章 仪器的整置和校正	11
§ 2-1 仪器的整置	11
§ 2-2 挂水准器的校正	11
§ 2-3 豎直轴的整置	13
§ 2-4 水平轴的校正	15
§ 2-5 目镜接触测微器的校正	15
§ 2-6 视准轴垂直于水平轴的校正	16
§ 2-7 豎直度盘和寻星度盘水准器的校正	17
第 三 章 水平角测量	18
§ 3-1 概述	18
§ 3-2 观测方法	18
§ 3-3 视准轴误差的影响	18
§ 3-4 水平轴倾斜的影响	19
§ 3-5 水平度盘对于地平面的倾斜	23
§ 3-6 結束語	24
第 四 章 天頂距測量	26
§ 4-1 概述	26
§ 4-2 豎直度盘水准器的安置和读数	26
§ 4-3 豎盘读数由于豎盘水准器倾斜的改正	27
§ 4-4 天頂距观测值	27
§ 4-5 天頂位和天頂位的改正	28
§ 4-6 水平轴倾斜和视准差对于天頂距测量的影响	29
§ 4-7 望远镜的弯曲	30
第 五 章 仪器轴系的检验	31
§ 5-1 照准部旋轉正确性的检验	31

VI

§ 5-2	照准部偏心差的檢驗	34
§ 5-3	照准部旋轉時儀器基座位移所產生的系統誤差的檢驗	38
第 六 章	水平度盤的檢驗	40
§ 6-1	概述	40
§ 6-2	C. B. 耶利謝也夫法檢驗水平度盤直徑誤差的理論	41
§ 6-3	C. B. 耶利謝也夫法的觀測	49
§ 6-4	C. B. 耶利謝也夫法中權的確定	54
§ 6-5	C. B. 耶利謝也夫法觀測成果的處理和觀測成果的精度	57
§ 6-6	H. J. 霍佛林克法檢驗水平度盤直徑誤差的觀測，計算公式和中誤差的計算公式	68
§ 6-7	H. J. 霍佛林克法級數常數和改正數的計算公式	74
§ 6-8	H. J. 霍佛林克法檢驗水平度盤直徑誤差的觀測示例	78
§ 6-9	H. 威特法檢驗水平度盤直徑誤差	83
§ 6-10	水平度盤直徑誤差檢驗方法的比較	87
§ 6-11	水平度盤直徑短周期誤差的檢驗	93
§ 6-12	水平度盤分格綫接合一次的中誤差	98
§ 6-13	水平度盤偏心差的檢驗	99
§ 6-14	不同的照明對於水平度盤讀數的影響	102
第 七 章	水準器的檢驗	104
§ 7-1	概述	104
§ 7-2	A. C. 華西里耶夫法	104
§ 7-3	水準器格值和氣泡位置改正數計算的另一種方法	112
§ 7-4	康姆斯托克法	115
§ 7-5	豎直度盤水準器格值的測定	121
§ 7-6	溫度系數的測定	122
第 八 章	光學測微器的檢驗	127
§ 8-1	行差的測定	127
§ 8-2	光學測微器分格綫誤差的檢驗	130
§ 8-3	光學測微器隙動差的測定	135
§ 8-4	測微鼓動盪對於讀數的影響	136
§ 8-5	讀數顯微鏡目鏡的整置對讀數的影響	137
§ 8-6	結束語	138
第 九 章	目鏡測微器的檢驗	139
§ 9-1	概述	139
§ 9-2	目鏡測微器周值的測定	139
§ 9-3	螺旋周期誤差和螺距誤差的測定	150
§ 9-4	絲距的測定	158
§ 9-5	齒隙的測定	160
§ 9-6	接觸柔寬的測定	161
第 十 章	儀器軸頸的檢驗	163

§ 10-1	概述	163
§ 10-2	接触法原理	163
§ 10-3	檢驗仪	168
§ 10-4	檢驗仪的調整与使用	170
§ 10-5	計算公式	172
§ 10-6	观测值的改正	176
§ 10-7	軸頸誤差对于天文观测結果的影响	179
§ 10-8	挂水准器法測定 Δb_z	184
§ 10-9	观测成果的处理 示例	188
§ 10-10	結束語	194
第十一章	中天法測时	196
§ 11-1	概述	196
§ 11-2	作业星表	197
§ 11-3	視場內恒星的运动	199
§ 11-4	观测	202
§ 11-5	計算	203
§ 11-6	仪器方位角的稳定性	206
§ 11-7	仪器的精确定向	206
§ 11-8	示例	207
第十二章	子午星对法測时	211
§ 12-1	概述	211
§ 12-2	观测	212
§ 12-3	表差的計算公式	213
§ 12-4	示例	215
第十三章	司退尔納克法測定緯度	218
§ 13-1	概述	218
§ 13-2	星表	218
§ 13-3	准备	219
§ 13-4	观测方法	220
§ 13-5	計算	221
§ 13-6	示例	224
第十四章	M. B. 彼夫佐夫法測定緯度	228
§ 14-1	概述	228
§ 14-2	星对的选择	230
§ 14-3	观测	233
§ 14-4	計算公式	234
§ 14-5	水准改正	234
§ 14-6	曲率改正	235
§ 14-7	接触条寬和齿隙的改正	236

VI

§ 14-8 示例	237
第十五章 子午星对法测定方位角	239
§ 15-1 概述	239
§ 15-2 基本公式	239
§ 15-3 星表的编制	241
§ 15-4 观测	244
§ 15-5 示例	246
§ 15-6 結束語	249
第十六章 大距星对法测定方位角	250
§ 16-1 概述	250
§ 16-2 最有利条件	252
§ 16-3 星表的编制	253
§ 16-4 观测	255
§ 16-5 改正項	256
§ 16-6 观测成果的处理	258
§ 16-7 示例	260
参考文献	266

第一章 儀器的構造

§1-1 概 述

全能經緯儀威特 T₄ 是一種用于一等三角測量和天文測量的精密儀器。本書 僅就天文測量的要求來研究儀器的檢驗與應用。在測定天体的地平坐標的時候，必須量測兩個角度：天頂距和方位角，也就是豎直角和水平角。這種儀器的望遠鏡能夠繞豎直軸和水平軸旋轉，因此可以把望遠鏡指向任何方向，量測出需要的角值。儀器具有三個度盤：尋星度盤，豎直度盤和水平度盤，它們都是用玻璃制成的。度盤讀數設備是光學測微器。儀器的技術數據如下：

折軸式望遠鏡

物鏡孔徑.....	60 毫米
放大率.....	65 倍
目鏡接觸測微器	
焦距.....	550 毫米

豎軸系是用錐面滾珠支承的柱形軸，在溫度不太低的條件下，無需調整而能隨意旋轉。玻璃的水平度盤全周為 360° 。

度盤直徑.....	250 毫米
分格綫間隔	2'
光學測微器的讀數是自動構成的平均值。	
測微器的分格綫間隔.....	0".1

玻璃的豎直度盤全周為 360° 。

度盤直徑.....	145 毫米
分格綫間隔	4'
光學測微器的讀數是自動構成的平均值。	
測微器的分格綫間隔.....	0".2

望遠鏡的尋星度盤

刻有分劃尺的水准器	
分格綫間隔.....	1°
顯微鏡分劃尺間隔	10'
估讀到.....	1'

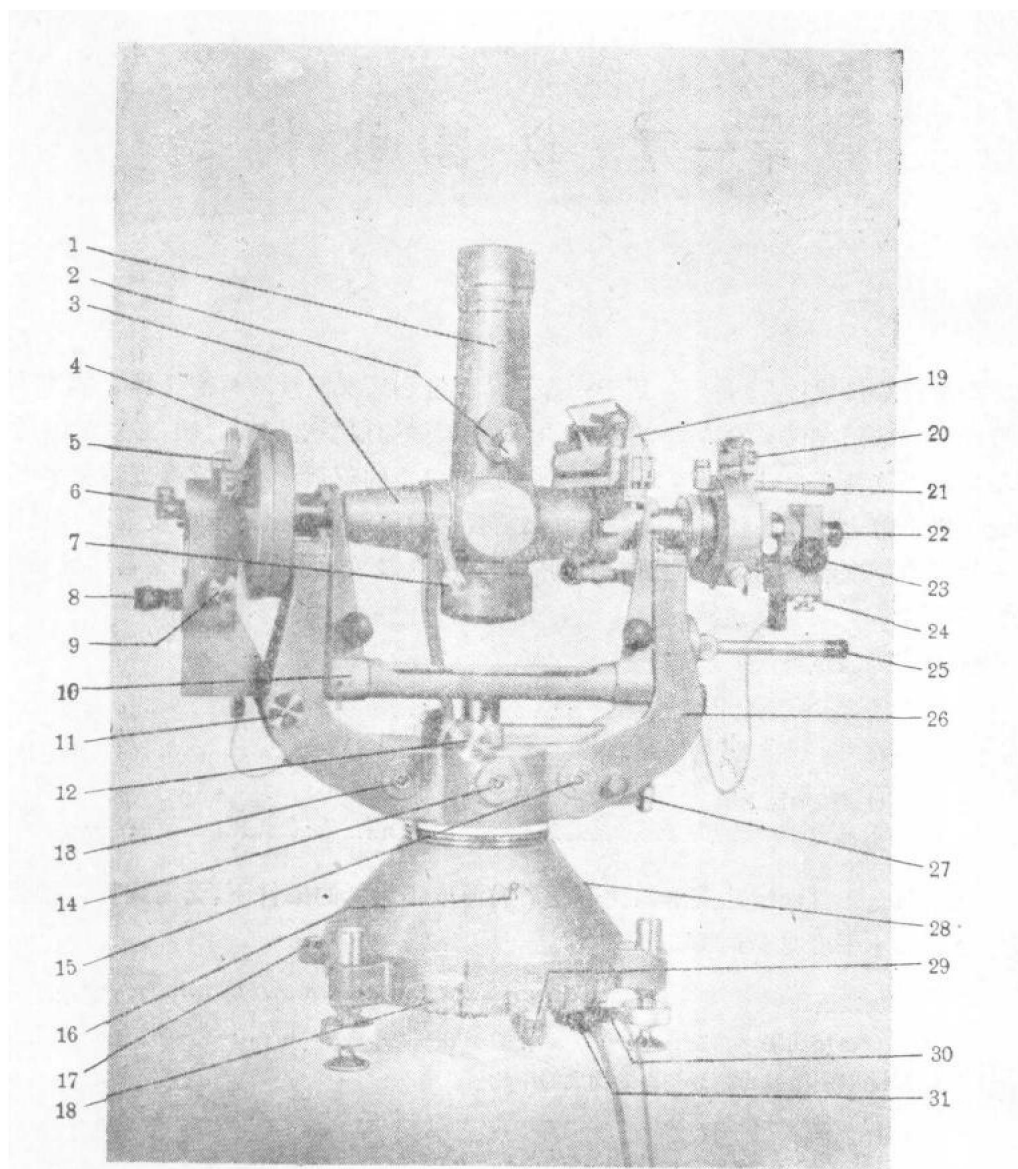


图 1-1 (I)

1. 望远镜；2. 视场照明；3. 水平轴；4. 豎直度盘；5. 豎盘水准器；6. 豎盘照明；7. 望远镜制动螺旋；8. 豎盘读数显微镜；9. 豎盘测微螺旋；10. 挂水准器；11. 豎盘水准器符合微动螺旋；12. 望远镜微动螺旋；13. 豎盘照明开关；14. 视场照明开关；15. 寻星度盘照明开关；16. 水平度盘照明开关；17. 圆水准器；18. 装箱固定禅头；19. 太尔各特水准器；20. 寻星度盘水准器；

一个挂水准器，每 2 毫米的灵敏度（即格值）…………… 約 1''

两个太尔各特水准器，每 2 毫米的灵敏度（即格值）…………… 約 1''

一个豎盘水准器，每 2 毫米的灵敏度（即格值）…………… 約 2''

仪器的外形和各部分的名称如图 1-1 (I) 和 (II) 所示。

仪器的内部光学系统如图 1-2 所示。

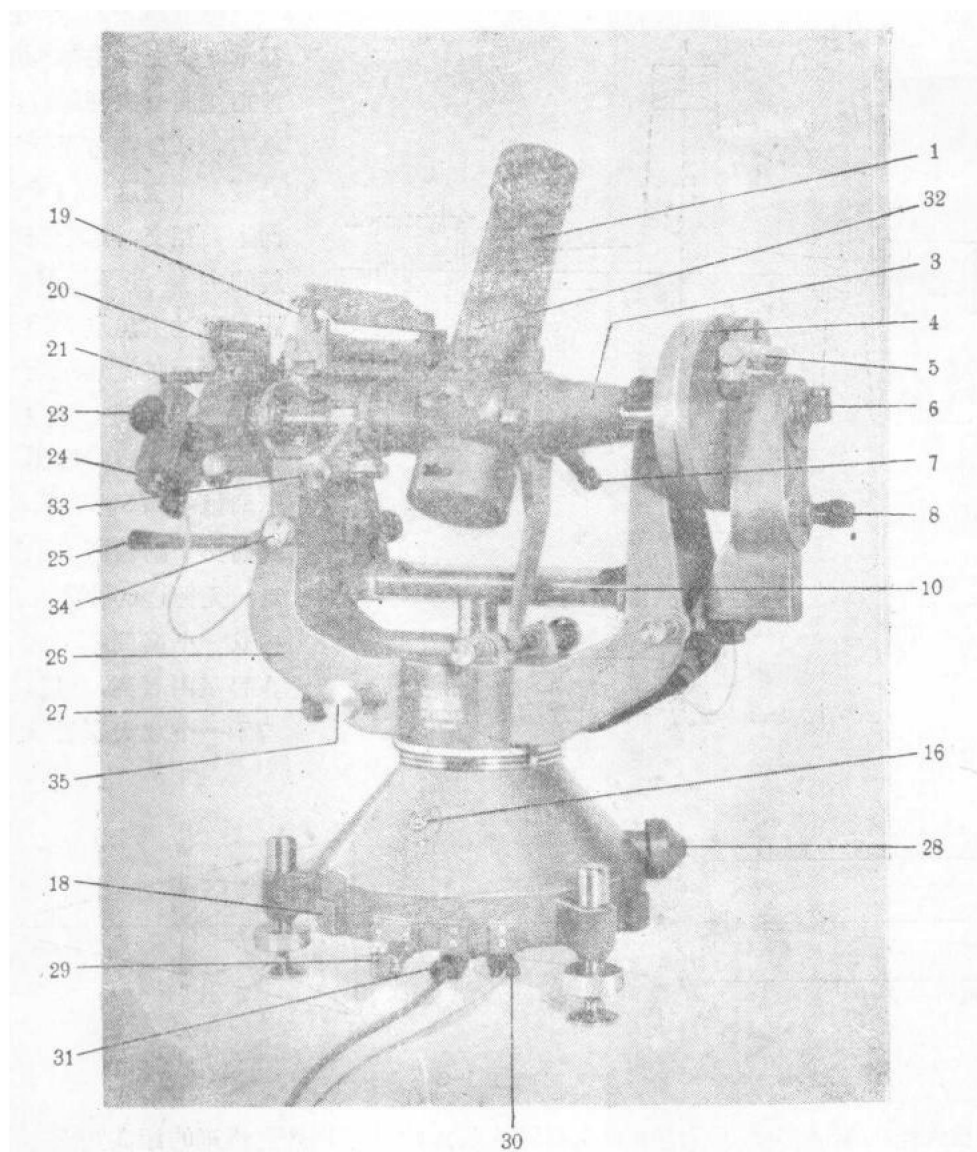


图 1-1 (I)

21. 寻星度盘读数显微镜；22. 望远镜目镜；23. 目镜测微器手轮；24. 目镜测微鼓；25. 水平度盘读数显微镜；26. 望远镜支架；27. 水平制动螺旋；28. 度盘护套；29. 水平度盘照明；30. 接触测微器电源插座；31. 照明电源插头；32. 视场照明旋钮；33. 太尔各特水准器制动螺旋；34. 水平度盘测微螺旋；35. 水平微动螺旋

§1-2 望 远 镜

望远镜的光学系统包括物镜和目镜。目镜和测微器构成目镜头。物镜和目镜都各由几个透镜所组成，现在各用一个透镜来表示，如图 1-3 所示，

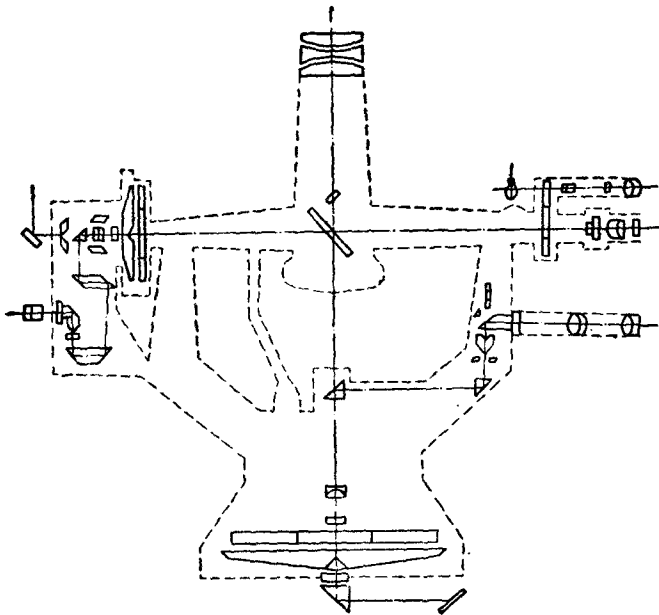


图 1-2 光学系统示意图

两个球表面 $A_1^*A_1$ 和 $A_2^*A_2$ 都垂直于光学主轴 Q_1Q_2F 。物镜把空间分成两部分：物方和象方。来自物方平行于主轴的光线，在望远镜内于象方一边同主轴相交，这个交点叫做物镜的主焦点 F ， $MF=f_0$ = 焦距。通过主焦点 F 而垂直于主轴的平面叫做焦平面。穿过物镜的光心而同光学主轴构成一个小角的直线叫做副轴。平行于副轴 S_2MS_2' 和 S_3MS_3' 的光线则交于副轴同焦平面的相交点。无穷远的物体在焦平面上构成一个真倒象，这个象可以在目镜内看到，目镜实际上相当于一个放大率很大的放大

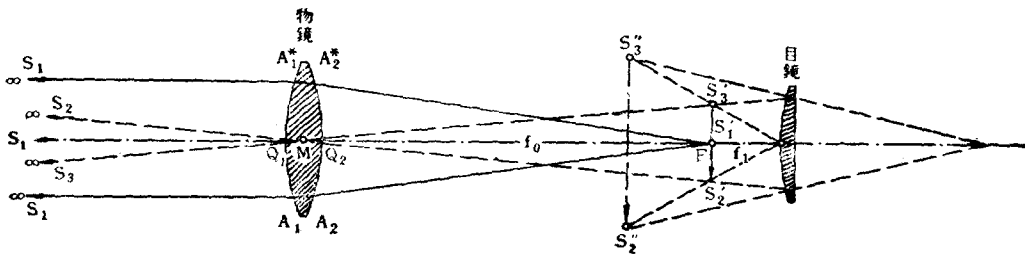


图 1-3

镜。放大镜的焦点必须尽可能地放在物镜的焦点附近。目镜到物镜的距离实际上等于两个焦距的和。望远镜的放大率等于目镜焦距除物镜焦距的商。

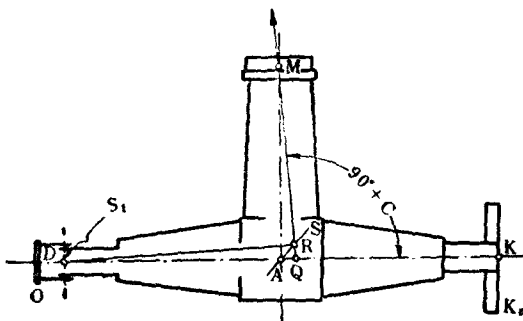


图 1-4

望远镜是折轴式的，它的外形如图 1-4 所示。恒星光线经过物镜进入望远镜筒内，被位于空心水平轴内的一个平面镜 (S) 的表面所反射，水平轴的一端装置着目镜，另一端是豎直度盘。 M 是物镜透镜的中心， O 为目镜， K 为豎直度盘， S_1 为十字丝， DRM 为视准轴。

望远镜的水平轴是放在开口的轴承

上，靠目镜边的轴承高度是可调整的，借以校正水平轴的倾斜。

§1-3 軸 系

仪器的豎直軸是一个鋼质的空心圓柱体，在它的外围另有一个空心圓錐套，这个套和脚螺旋合称基座。水平度盘和豎直軸体都装在圓錐套上。仪器的照准部与基座之間是用錐面滾珠支承的，这样可以保証照准部連續和均匀地旋轉；同时也可以使滾珠在承受仪器支架的重量时能够自动形成一个正确的中心。图 1-5 是軸系的示意图：1. 光具柱；2. 滾珠；3. 照准部旋轉軸；4. 度盘护套；5. 玻璃度盘；6. 度盘配置螺旋；7. T 字稜鏡組。关于玻璃度盘和 T 字稜鏡組可以参看图 1-2 的光学系統示意图。

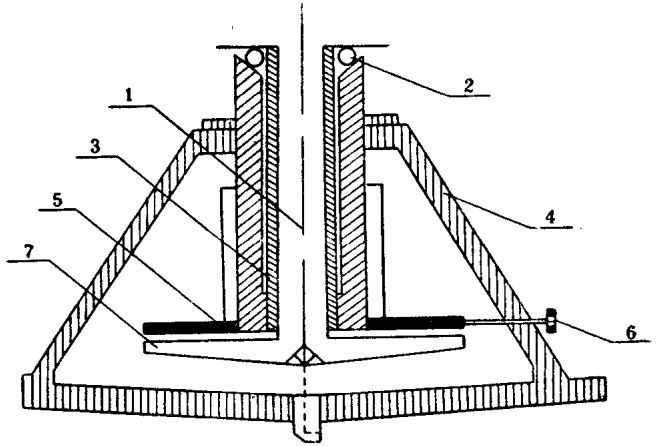


图 1-5 軸系示意图

§1-4 水准器

这个仪器具有六个水准器：1. 挂水准器；2. 一对太尔各特水准器；3. 豎盘水准器；4. 寻星度盘水准器；5. 圓水准器。

水准器是由一个玻璃管所构成，玻璃管带有刻綫的内表面部份，其縱断面是一段半径很大的圓弧，系經過仔細研磨而成。在玻璃管内滿儲着一种液体(醚)，只留下一个微小的空間，所以看来好象气泡。玻璃管是安放在一个金属管内，以便于使用。設把水准器放在一条直綫 a 上，如图 1-6 位置 I 所示，气泡总是移向管子的最高点 M_I 。为了确定气泡的位置，在玻璃管上刻蝕了一組分格綫。直綫 a 对于地平面 N 的傾角是 α 。过切点 M_I ，在图平面上作一条切綫同地平面 N 平行，再以 M_0 为接触点画一条切綫同直綫 a 平行，則两条切綫之間的夹角就等于直綫 a 的傾角 α 。 M_I 就是管子的最高点，而 M_0 則为水准器的中点。在位置 I 的情况下，分格的零綫是在左方。其次把水准器在直綫 a 上調轉 180° ，于是成为位置 II，分格的零綫現在位于右方。气泡就从 M_I 移到 M_{II} ，而中点 M_0 沒有变动。設左_I，右_I和左_{II}，右_{II}分别表示在位置 I 和 II 上的气泡左右端点的讀数，就可以从下列公式算出傾角 α 和中点 M_0 的讀数：

$$\alpha = \frac{\tau''}{2} \left\{ \frac{(\text{左}_I + \text{右}_I)}{2} - \frac{(\text{左}_{II} + \text{右}_{II})}{2} \right\} = \frac{\tau''}{2} (M_I - M_{II}), \quad (1-1)$$

$$M_0 = \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\text{左}_I + \text{右}_I)}{2} + \frac{(\text{左}_{II} + \text{右}_{II})}{2} \right\} = \frac{1}{2} (M_I + M_{II}), \quad (1-2)$$

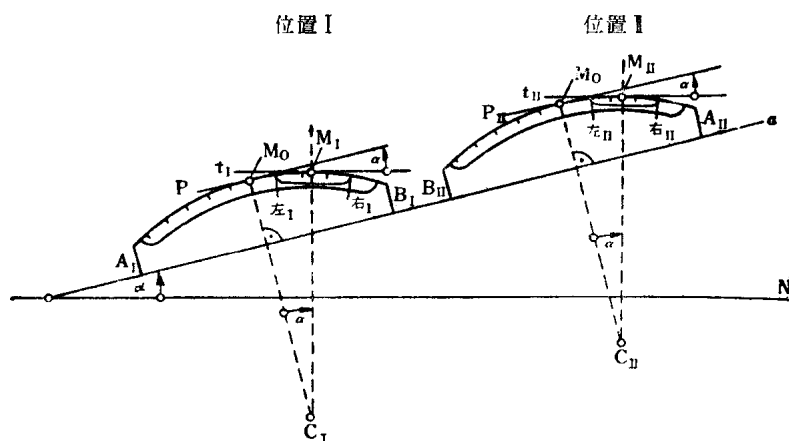


图 1-6

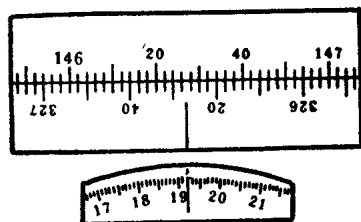
τ'' 是水准器的格值。为了确定倾角 α 的正负号，采用下列的定则：在气泡两端读数之总和为值较大的位置上，水准器的零分划将处在较低的一端，由此求得的 α 为正，反之则为负。

根据公式 (1-2) 所求得的水准器的中点 M_0 ，是假定在操作过程中，客观情况没有发生任何变化。但事实上并非如此，由于下列一些原因，情况经常在变化着：

1. 水准管装置的变动，这是可能由于粗心而触动了水准器或者由于温度的剧变。
2. 金属管的形状发生变化。
3. 仪器的基座发生变化，所谓基座包括仪器的各部分。

§1-5 度盘和读数设备

度盘是用玻璃制成的。水平度盘的直径为 250 毫米，分格线的间隔为 $2'$ 。当使同一直径相对的两分格线接合以后，就可以直接在度盘上读出分数。另在光学测微器上刻有间隔等于 $0''.1$ 的分格线，可以估计到 $0''.01$ 。水平度盘的读数显微镜是装置在目镜测微器下面的



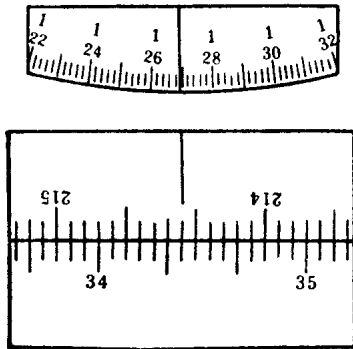
146° 27' 19''.20

图 1-7

的可倾管内，见图 1-1(I) 中的 25，读数的时候，应把管子放在水平位置。光学测微器的测微螺旋位于管子的右侧，见图 1-1(II) 中的 34。读数之前，应该旋转这个测微螺旋，使上下两半部的影象接合，首先在上半部的分格线上读出位于中央指标左边最近的一个注记数（度及 20 分或其倍数）。在图 1-7 中，读得 $146^\circ 20'$ ，然后继续自左向右数出自 $146^\circ 20'$ 的分格线到相对影象分格线间的间隔数目，例如图中的 $326^\circ 20'$ 线就是相对的分格线，其间共有 7 个间隔，每一间隔作为 $1'$ ，即原值的一半。把此数加

到最初得到的数值上,就得出完全的水平度盘读数,即 $146^{\circ}27'$ 。再在秒窗内直接读出秒和十分之一秒,并可以估读到百分之一秒,于是最后读得水平度盘读数为 $146^{\circ}27'19''.20$ 。

竖盘也是用玻璃制成的,它的直径为145毫米。度盘的分格间隔为 $4'$,光学测微器的分格间隔为 $0''.2$ 。竖直度盘读数显微镜位于水平度盘读数显微镜相对的一端,测微螺旋在其右侧。读取竖盘读数的时候,应该使竖盘水准器的气泡居中,或者在每一竖盘读数之前,读取竖盘水准器气泡的读数,求出偏差,并将它变成秒数而加在度盘读数上。气泡左端的读数减去气泡右端的读数就是水准器气泡的偏差。水准器的格值是用竖盘来测定的,即用竖盘水准器符合微动螺旋变更水准器读数,并读取竖盘读数。竖盘读数方法与水平度盘读数方法相同,如图1-8所示,先读出 $34^{\circ}20'$,再从此处数出到相对的分格线 $214^{\circ}20'$ 的间隔数目,然后给各间隔值以 $2'$,即原值的一半。在本例中共得2个间隔,所以具有 $4'$ 。将此值加到第一个读数就得到 $34^{\circ}24'$ 。秒的读数是取自秒窗,本例中的读数是 $1'26''.9$,于是完全的读数等于 $34^{\circ}25'26''.9$ 。当望远镜指向天顶时,竖盘读数应该为零,即天顶位应该为零。



$34^{\circ}25'26''.9$

图 1-8

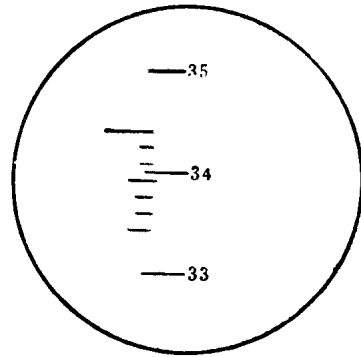


图 1-9

寻星度盘是紧靠于目镜,它的读数显微镜则位于目镜测微器手轮的右方。这个度盘是用来迅速安置望远镜的位置。在寻星度盘上可以读出与竖直度盘相同的天顶距。度盘的分格为 1° ,另有分划尺,分格值为 $10'$,估读到 $1'$ 。寻星度盘上装有水准器,在水准器的对面则有微动螺旋,螺旋两端各有一个旋钮,其间有一根松紧横杆。旋转松紧横杆或微动螺旋,可将分划尺放置到所要求的读数上。然后变动望远镜的倾角,直到寻星度盘水准器气泡居中为止,于是望远镜的天顶距就等于寻星度盘上的读数,图1-9中的读数是 $34^{\circ}26'$ 。

§1-6 望远镜目镜和目镜接触测微器

望远镜目镜管和目镜接触测微器可以同时绕光轴旋转 90° 。游丝平行于黑色的测微器手轮轴。应用测微器量测水平方向的时候,将测微器手轮轴放置在垂直于望远镜管的位置;量测天顶距的时候,应将测微器手轮轴转换到平行于望远镜管的位置。两个制子螺旋(11),

见图1-10(I)，可使目鏡接触測微器固定在正确的位置上，这两个制子螺旋是位于測微器手輪之后而在寻星度盘之前，两者互相垂直。为了保持目鏡接触測微器的位置，必須将平行于測微器手輪軸的螺旋扭入。将平行于測微器手輪軸的一个螺旋稍松开以后，目鏡管就可以往外拉出几个毫米，借此可对准近距离（約90米）目标的焦距。在两个制子螺旋間的中間位置內，整个目鏡可以拉出并轉动。

目鏡接触測微器的外形如图1-10(I)和(II)所示：

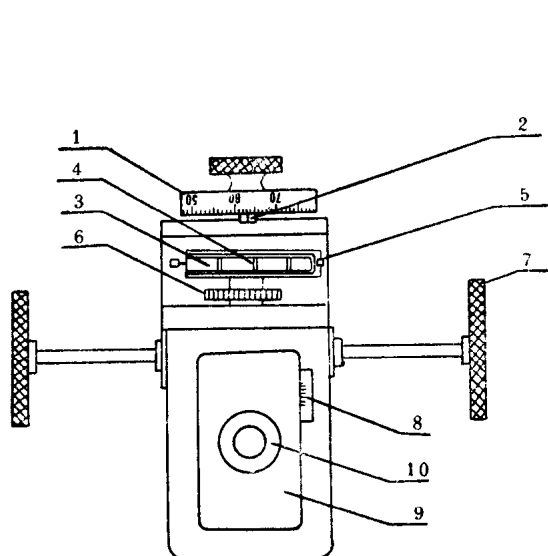


图 1-10 (I)

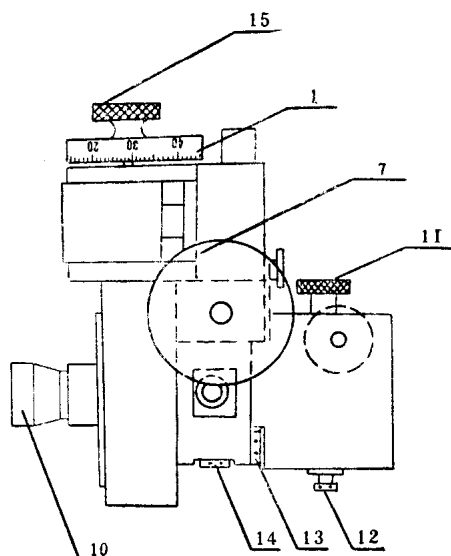


图 1-10 (II)

1. 測微鼓；2. 指标；3. 瑪瑙輪；4. 鈦化白金接触条；5. 鉗形接触片；6. 传动齿輪；7. 手輪；
8. 游絲位置指标；9. 动框；10. 目鏡；11. 制子螺旋；12. 制子校正螺旋；13. 焦距調节螺旋；
14. 絲网片校正螺旋；15. 旋鈕

絲网片校正螺旋有 4 个，是在測微器的长方盒子后面的圓管上，它們彼此相距 90° ，借此可校正絲网片的中心。为了使測微螺旋能够連續不断地和均匀地轉动，在測微器上装有传动杆，杆端有两个手輪，这个手輪是通过錐形传动齿輪与測微螺旋联系在一起。当我们轉动手輪的时候，測微螺旋就跟着轉动，測微鼓和瑪瑙輪也跟着轉动。于是測微器的动框也沿着測微器盒移动，在动框上装有刻綫的玻璃片，这根綫就是目鏡測微器的游絲。游絲的移动量是在測微鼓上讀出的。測微鼓的整周分划为 100 格。該鼓每旋轉一周，游絲移动 0.40 毫米，由于望远 鏡透鏡的焦 距約等于 550 毫米，所以覘点方向的移动为 $\frac{0.40}{550} \times \rho'' = 150''$ 。測微鼓的轉动限度是 12 轉，故 $150'' \times 12 = 1800'' = 30'$ 。为了計算測微鼓的旋轉数，在固定十字絲网上刻有 10 个分格的輔助綫，該綫是用 05, 10, 15 标志着，10 号綫标记中央位置。

測微鼓是同瑪瑙輪紧固地連接着的。在瑪瑙輪上等間隔地嵌有鈦化白金接触条 10 根，其中一根的兩側又鑲有两根輔助接触条，作为零点接触条的标志。两根接触条間的間隔 $\left(\frac{1}{10}\right)$