

光学经纬仪检定规程

Verification regulation of optical theodolite

JJG 414—94

代替 JJG 414—86、JJG 575—88

本检定规程经国家技术监督局于1994年5月6日批准,并自1994年12月1日起施行。

归口单位:中国航空工业总公司第三〇四研究所

起草单位:中国航空工业总公司第三〇四研究所

中国计量科学研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释。

本规程主要起草人:

张玉文:(中国航空工业总公司第三〇四研究所)

周维虎:(中国航空工业总公司第三〇四研究所)

魏风岭:(中国计量科学研究院)

参加起草人:

朱良沐:(中国计量科学研究院)

付辉清:(国家地震局地震研究所)

袁永安:(北京光学仪器厂)

光学经纬仪检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的光学经纬仪的检定。

一 概 述

光学经纬仪(以下简称经纬仪)是在大地测量、工程测量、矿山测量和计量工作中广泛使用的精密仪器。国产光学经纬仪有如下系列:DJ07、DJ1、DJ2、DJ6、DJ30。

二 检定项目和检定条件

- 1 光学经纬仪的检定项目和检定工具列于表1。
- 2 光学经纬仪在室内常温下进行检定。

表 1

序号	检 定 项 目	主要检定工具	检定类别		
			新制的	修理后	使用中
1	外观及各部件的相互作用	—	+	+	+
2	望远镜分辨力	专用平行光管	+	+	—
3	水准器轴与竖轴的垂直度	—	+	+	+
4	光学测微器(带尺显微镜)行差	—	+	+	+
5	光学测微器隙动差	—	+	+	+
6	横轴与竖轴垂直度	平行光管	+	+	+
7	照准部旋转正确性	—	+	+	+
8	望远镜竖丝对横轴的垂直度	垂球悬丝或平行光管	+	+	—
9	指标差	平行光管	+	+	+
10	望远镜视轴对于横轴的垂直度	平行光管	+	+	+
11	一测回水平方向二倍照准差变化	平行光管	+	+	—
12	竖直角盘指标差变化	平行光管	+	+	—
13	望远镜调焦时视轴的变动误差	准线仪或准线光管	+	+	—
14	照准部旋转时仪器基座的位移	自准直仪、平面反射镜	+	+	—
15	照准部偏心差和水平度盘偏心差	—	+	+	+
16	光学对点器的视轴相对于竖轴的同轴度	—	+	+	+
17	竖盘指标自动补偿误差	平行光管、微倾工作台	+	+	+
18	主望远镜目镜测微器分划值	专用平行光管	+	—	—
19	偏扭观察目镜测微器分划值	专用平行光管	+	—	—
20	一测回水平方向标准偏差及测角总不确定度	多齿分度台检定装置 或多目标检定装置	+	+	+
21	一测回竖直角标准偏差及测角总不确定度	竖直角检定仪或 检定装置	+	+	+

注: 检定类别“+”号为必检项目;“—”号为可不检项目

三 技术要求和检定方法

3 外观及各部件相互作用

3.1 要求

- 3.1.1 仪器外表应无脱漆、锈蚀和碰伤；零件接合处应齐整，油灰密封良好。
- 3.1.2 望远镜十字分划线、度盘、游标或测微尺分划线应成像清晰、不应有刻线粗细不均、断线等现象。
- 3.1.3 光学部件的表面不应有水迹、油迹及灰尘、擦伤、霉点和麻点，胶合面不应有脱胶现象、镀膜面应无脱膜腐蚀现象。
- 3.1.4 望远镜和读数显微镜视场内应有足够的亮度，且亮度均匀。
- 3.1.5 圆形及管状水准器无松动现象。仪器整平后，圆形水准器的气泡不超出水准器的分划圈。
- 3.1.6 转动机构及微动机构运转平滑，无跳动和阻滞现象，制动机构的作用平稳可靠。
- 3.1.7 调节望远镜的目镜时，应平滑稳定；望远镜内分划板影像应无明显晃动现象。
- 3.1.8 当望远镜调焦到无穷远时，松开横轴制动螺旋，望远镜应保持平衡，不应有超过视场1/4的自行转动现象。
- 3.1.9 对于使用中和修理后的经纬仪，允许有不影响仪器准确度的上述缺陷。

3.2 检定方法：目力观察和试验。

4 望远镜分辨力

4.1 要求

望远镜分辨力 α 不低于下式要求：

$$\alpha = \frac{120''}{D} \cdot k \quad (1)$$

式中： α ——分辨力；

k ——系数，倒像采用1.2，正像采用1.4；

D ——望远镜物镜的有效孔径(mm)。

对修理后的仪器望远镜分辨力允许增加10%。

4.2 检定方法

将经纬仪安置在检定台上，瞄准平行光管(焦距大于500 mm，内装与被检望远镜分辨力相适应的条纹分辨力板)，将望远镜调焦至能清晰地观察到平行光管中的分辨力板。观察分辨力板在望远镜分划板十字中心附近的象，找出四组都能清晰分辨的最大组号。分辨力以物面上刚能被分辨的两点对人瞳中心的张角来评定。

望远镜分辨力按下式计算：

$$\alpha = \frac{2d}{f} \cdot \rho \quad (2)$$

式中： d ——能清晰分辨的最小条纹宽度(mm)；

f ——平行光管焦距(mm)；

ρ ——弧度化为角度(")的系数($\rho=206\ 265$)。

5 管状水准器轴与竖轴的垂直度

5.1 要求

垂直度不超过水准器角值。

5.2 检定方法

将经纬仪精确整平，照准部旋转2周，每隔90°读取水泡位置，8个读数位置的平均值与零起位置读数之差，即为垂直度偏差。

6 光学测微器(带尺显微镜)行差

6.1 要求

水平度盘测微器(带尺显微镜)行差不超过表2规定,修理后、使用中的仪器可按括弧内的要求。

表 2

仪器型号	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求(")	0.5	1	1(2)	3(4)	10

6.2 检定方法

DJ07、DJ1 仪器水平度盘以 $0^{\circ}0'$ 起始,每隔 $24^{\circ}04'$ 间隔在度盘 16 个位置进行检定,DJ2 水平度盘从 $0^{\circ}0'$ 起始每隔 $30^{\circ}20'$ 间隔在度盘 12 个位置进行检定。

6.2.1 光学测微器行差

(1) 将测微器指标线对正零分划线,转动度盘变换钮将度盘置于整置位置,用水平微动螺旋使整置位置的分划线 A 与对径分划线 $A \pm 180^{\circ}$ 符合,用测微器使 A 线与 $A \pm 180^{\circ}$ 线精确符合两次,在测微器刻度尺零端读数,记作 a_1, a_2 。

(2) 用测微螺旋转动测微器刻度尺,使分划线 $A-t$ (t 为度盘分划线最小格值)与 $(A \pm 180^{\circ})$ 符合两次,在测微器末端读数,记作 b_1, b_2 。

(3) 转动测微器刻度尺,使水平度盘分划线 A 与 $(A \pm 180^{\circ})-t$ 两次符合,亦在测微器末端读数,记作 c_1, c_2 。如图 1 所示。

以上读数大于零端刻线时,读数为正,小于零端或末端刻线时,读数值为负。

测微器行差 r 按下列公式计算:

$$r_{\pm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i - b_i) \quad (3)$$

$$r_{\mp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (a_i - c_i) \quad (4)$$

$$r = \frac{r_{\pm} + r_{\mp}}{2} \quad (5)$$

式中: n ——检定位置数。

检定结果实例计算见附录表 1。

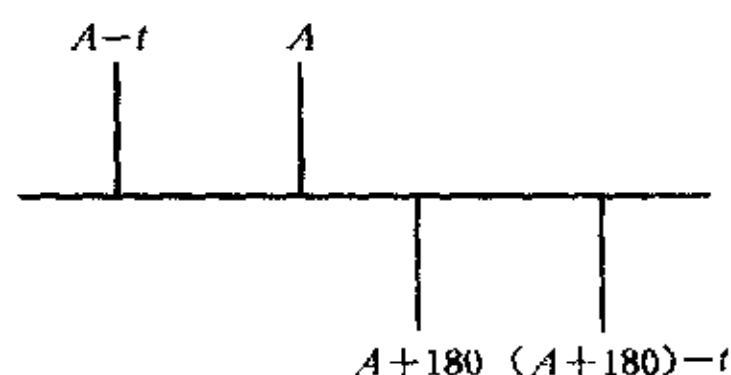


图 1

6.2.2 带光学测微器的 DJ6 型仪器

水平度盘每隔 45° 进行检定。

(1) 转动度盘变换钮,将度盘置于整置位置,测微器指标线对正零分划线,用微动螺旋将度盘分划线准确对准指标线。

(2) 转动测微刻度尺,使度盘分划线对准指标线两次,并读取测微器末端读数 m_1, m_2 。

行差 r 用下式计算:

$$m = \frac{m_1 + m_2}{2} \quad (6)$$

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t - m_i) \quad (7)$$

式中： t ——度盘分划线最小格值；

n ——检定位置数。

6.2.3 带尺显微镜行差

水平度盘每隔 45° 进行检定。

将带尺的零分划线与度盘零分划线重合，转动度盘微动螺旋，使度盘分划线 A 与带尺的零分划线重合二次，在带尺末端读数 m_1, m_2 。

行差 r 用下式计算：

$$m = \frac{m_1 + m_2}{2}$$

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t - m_i) \quad (8)$$

式中： t ——度盘分划线最小格值；

n ——检定位置数。

6.2.4 测微器行差也可以用标准角进行检定。

7 光学测微器隙动差

7.1 要求

光学测微器隙动差不超过表 3 规定，修理后、使用中仪器可按括弧内的要求。

表 3

仪器型号	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求(")	1	1(2)	2(3)	6	

7.2 检定方法

在水平度盘上每隔 90° 整置仪器，并使测微器在起始、中间、终了三个位置，按下列程序进行检定。

测微器位于起始位置，将测微器指标对准受检定位置，然后转动度盘变换钮和水平微动螺旋，使对径分划线符合。

测微器旋出少许，然后旋进，使水平度盘对径分划线符合，并读数为 a 。

测微器旋进少许，然后旋出，使水平度盘对径分划线符合，并读数为 b ，在每一位置上重复检定 5 次。

计算每一次旋进与旋出值之差，按下式求出该受检定位置的隙动差：

$$\text{隙动差} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 (a - b) \quad (9)$$

测微器位于中间和终了位置，重复上述检定，取 3 个位置上的最大隙动差为检定结果。

检定结果实例计算见附录表 2。

8 横轴与竖轴的垂直度

8.1 要求

横轴与竖轴的垂直度不超过表 4 规定。

表 4

仪器型号	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求(")	10	10	15	20	60

8.2 检定方法

将带有十字线和分度刻划板的平行光管按图 2 布置，平行光管 I 和平行光管 II 大致处于同一铅垂直面内。高、低两光管对于水平方向的夹角大致为 30° ，两夹角对称度为 $30'$ 。

将经纬仪安装在检定台上,精确整平。正镜位置瞄准平行光管 I 的十字线分划板中心,向下旋转望远镜,在平行光管 II 的横丝刻度分划板读取格值数 A ;以倒镜位置重复上述操作,并读取格值数 B ,其垂直度按下式计算:

$$i = \frac{(B-A)t}{4} \operatorname{ctg} \beta \quad (10)$$

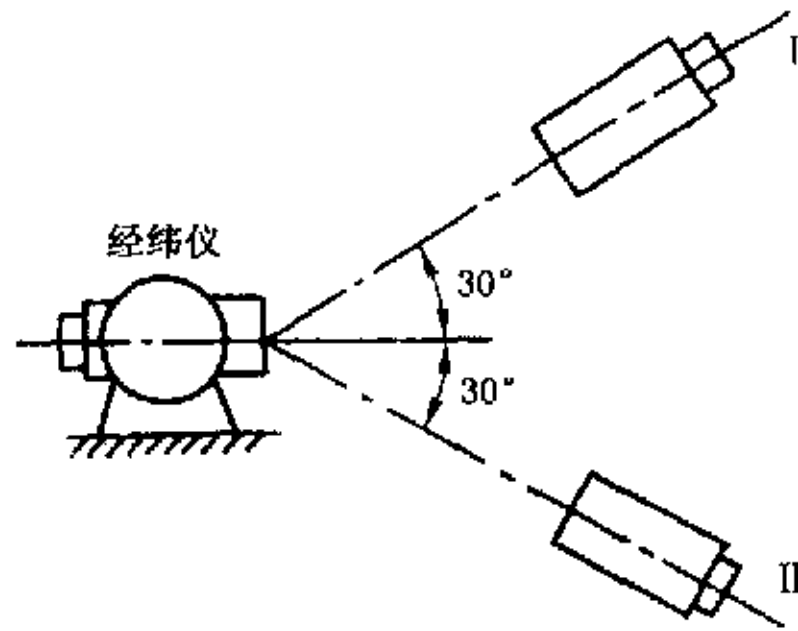


图 2

式中: t ——平行光管 II 分划板格值(″);

β ——平行光管与水平方向的夹角(°)。

这一检定应不少于 3 个测回,取平均值为最后结果。

9 照准部旋转正确性

9.1 要求

不超过管状水准器 0.8 格。

9.2 检定方法

将被检仪器安装在检定台上,调整仪器,使竖轴铅垂,读取照准部上的管状水准器水准气泡两端读数;顺时针方向转动照准部,每隔 45° 读取水准气泡一次,顺时针方向进行三周检定。

仪器照准部逆时针方向旋转,每隔 45° 读取水准气泡一次,共进行三周。

取每一周中对径位置读数的平均值,取六周检定中最大与最小之差,即为照准部旋转的正确性。检定实例计算见附录表 3。

10 望远镜分划板竖丝对横轴的垂直度

10.1 要求

望远镜分划板竖丝在铅垂面内,不得有目视可见的倾斜。

10.2 检定方法

在离被检仪器 4mm 左右处悬挂一垂球,其悬丝必须细直,垂球浸在油或水内,以防摆动。

精确整平仪器,观察分划板竖丝是否与垂球悬丝平行,使竖丝上端与垂线影像重合。观察竖丝下端,不应有目力可见的不重合现象。之后,微动螺旋,观察一个观测点,在位移中也不应有目力可见的位移。

也可以用校正过的平行光管内的十字线进行上述检定。

11 指标差

11.1 要求

指标差绝对值不应超过表 5 的规定。

表 5

仪器型号	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求(")	10	12	16	20	32

11.2 检定方法

将经纬仪安置在检定台上,并精确整平,以正镜位置用望远镜分划板十字线横丝瞄准水平位置平行光管十字线分划中心,读取竖直度盘读数,取两次读数的平均值 L 。望远镜翻转 180° ,旋转照准部,以倒镜位置重复上述检定,取两次读数的平均值 R 。

指标差 I 按下式计算:

$$I = \frac{(L - R) - 360}{2} \quad (11)$$

对于非通用的仪器,按仪器说明书求得指标差。

12 望远镜视轴相对于横轴的垂直度

12.1 要求

垂直度不超过表 6 规定。

表 6

仪器型号	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求(")	5	6	8	10	16

12.2 检定方法

在室内布置两台视轴在同一水平线上,物镜相对位于检定台前后的平行光管,其中一台须装有以角度表示格值的分划板。建议采用焦距 $f=550\text{mm}$ 的平行光管,在分划板上刻有 0.08mm 间隔的水平分划尺,相应格值 $30''$,估读到 $3''$ 。检定装置如图 3 所示。

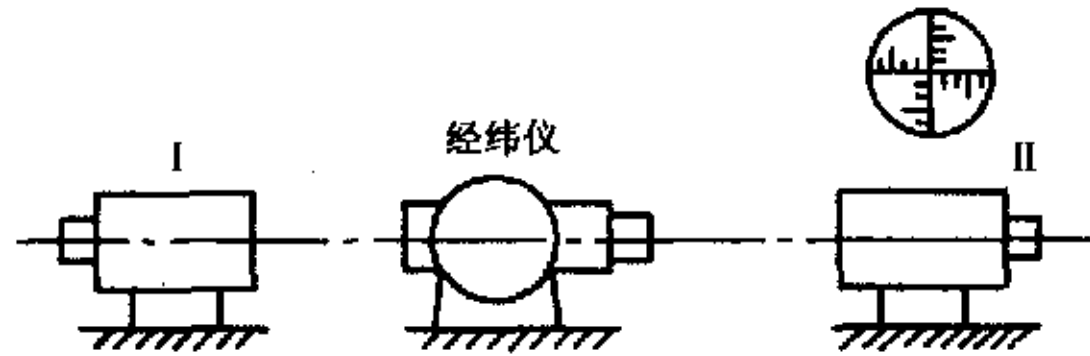


图 3

经纬仪安置在检定台上,并精确整平,以正镜位置瞄准平行光学 I 上的十字线中心,固定照准部。望远镜纵转 180° ,用竖丝中心位置,在平行光管 I 的分划板横丝上,读取数为 b_1 。

旋转照准部 180° ,以倒镜位置重复上述检定并读取数为 b_2 。

望远镜视准轴与横轴的垂直度 C' 按下式计算:

$$C' = \frac{1}{4}(b_2 - b_1)t \quad (12)$$

式中: t ——平行光管 I 分划板横丝格值(")。

望远镜视轴与横轴的垂直度也可以用多齿分度台加一个平行光管检定,检定方法同上。

13 一测回水平方向二倍照准差变化

13.1 要求

二倍照准差变化不超过表 7 规定。

表 7

仪器型号	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求(")	5	6	8	30	90

13.2 检定方法

取第 22.2 款各测回中正、倒镜位置读数之差变化量的最大值为—测回水平方向二倍照准差变化值 $\Delta 2C$ 。

14 竖直度盘指标差变化

14.1 要求

竖直度盘指标差变化不超过表 8 的规定。

表 8

仪器型号	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求(")	8	10	12	15	30

14.2 检定方法

取第 23.2 款各测回中指标差 I_i 中最大值与最小值的差值为竖直度盘指标差变化值 ΔI 。

15 望远镜调焦时视轴的变动误差

15.1 要求

视轴的变动误差不超过表 9 的规定。

表 9

仪器型号	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求(")	6	6	10	15	40

15.2 检定方法

将经纬仪安置在检定台上,在经纬仪前面等高处装有一准线仪,其管内安置不少于 5 块分划板,构成最短视距目标和无穷远目标(如 3、9、18、36、50、 ∞ m,分划板格值小于 30"),所有目标的分划板十字线中心应严格在一条直线上,且平行于水平面,如图 4。

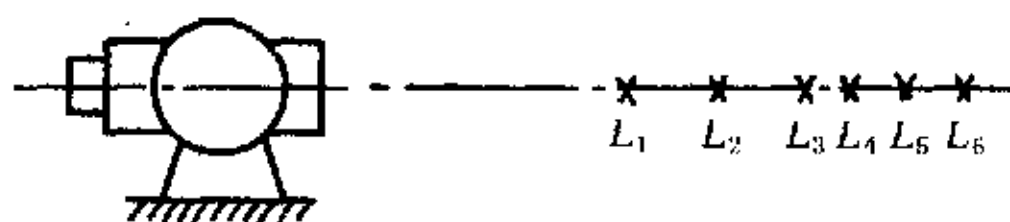


图 4

转动仪器照准部,调节望远镜焦距照准准线仪无穷远和最短视距目标十字线分划板,用准线仪微调螺丝,使两十字线中心重合。

以正镜将望远镜十字中心与准线仪近点十字线分划板中心瞄准,由近点到无穷远点一次逐个瞄准,并读数(格值或秒值),再由无穷远点到近点为返测,取各点往返测读数的平均值为 A_i 。

以望远镜倒镜位置重复上述检定,读数的平均值为 B_i 。

视轴各点的变动差按下式求得:

$$\omega_i = \frac{A_i - B_i}{2} \cdot t_i \quad (13)$$

式中: t_i — 分划板格值(")。

调焦时视轴的变动误差按下式计算:

$$\omega_i = \omega_{i1} - \omega_i \quad (14)$$

取 w_i 绝对值最大值为检定结果。

计算实例见附录表 4。

16 照准部旋转时仪器基座的位移

16.1 要求

照准部旋转时基座的方位移动不超过表 10 规定。

表 10

仪器型号	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求(")	0.3		1.0		

16.2 检定方法

将经纬仪安置在检定台上,在仪器基座侧面设置反射镜,自准直仪对准反射镜。照准部顺时针方向旋转 2 周,读出自准直仪读数 A_1 ,再顺时针方向旋转 1 周,自准直仪读数 A_2 。将照准部逆时针方向旋转 2 周,自准直仪读数 B_1 ,再逆时针方向旋转照准部 1 周,自准直仪读数 B_2 ,再将照准部顺时针方向旋转 3 周,自准直仪读数 C 。

照准部同方向每转一周时仪器基座方位移动值 ϵ 按下式计算:

$$\epsilon = \frac{|A_2 - A_1| + |B_2 - B_1|}{2} \quad (15)$$

仪器照准部顺、逆时针每转一周时,仪器基座方位移动值 ϵ' 为

$$\epsilon' = \frac{C - B_2}{3} \quad (16)$$

取 ϵ 和 ϵ' 中最大值为检定结果。

也允许使用保证检定准确度的其他方法检定此项。

注:脚螺旋放置中间位置,转动时不允许有多余的反向旋转;对于有复测机构的经纬仪,须将照准部连同度盘一同旋转。

17 照准部偏心差和水平度盘偏心差

17.1 要求

DJ07、DJ1 照准部偏心差最大值 $2F$ 不超过 $80''$;照准部和水平度盘偏心差 V_i 值的最大变化量不超过 $60''$; V_i 值对正弦曲线的最大差值不超过 $20''$ 。

17.2 检定方法

17.2.1 照准部偏心差

将仪器安置在检定台上,并精确整置,照准部顺时针方向空转一周,从 0° 开始每转 45° 固定照准部,读记水平度盘测微器。首先使对径分划线重合读数 t ,然后用指标线同边的分划线与指标线重合读数 t' 。连续进行 3 周(每周为 1 组)称为往测。

往测完成后紧接着进行返测,逆时针方向空转照准部一周,从 315° 开始,每转 45° 在水平度盘测微器上读数 t 和 t' ,连续进行 3 周。

整个检定过程连续进行,禁止使用水平微动螺丝,往测时照准部只许顺时针方向旋转,返测时只许逆时针方向旋转,因此水平度盘位置不必严格要求,准确到度即可。

检定结果的计算如下。

每一位置 V_i 按下式计算:

$$V_i = 2(t - t') \quad (17)$$

式中: V_i —— 对应于受检位置检定结果。

根据所得 V_i 值进行下列计算:

$$d = \frac{[V]}{n} \quad (18)$$

式中：[V]—— V_i 值之和；

n —— V_i 的个数；

d ——横轴到对称轴的距离。

按下式求出偏心方向与度盘零刻线的夹角 P (正弦曲线第一次上升时与对称轴的交点的横坐标值)：

$$P = \arctg \frac{-[V \cos M_A]}{[V \sin M_A]} \quad (19)$$

式中： M_A ——检定位置的度盘度数。

P 所在象限按表 11 规则给出。

表 11

	[V sin M_A]	+	-
[V cos M_A]			
-		I	II
+		IV	III

按下式给出偏心差的幅值：

$$f = \frac{-2[V \cos M_A]}{n \sin P} = \frac{2[V \sin M_A]}{n \cos P} \quad (20)$$

或

$$f = \frac{[V \sin (M_A - P)]}{[\sin^2 (M_A - P)]} \quad (21)$$

按下式求得 $V_{\text{中}}$ ：

$$V_{\text{中}} = f \sin (M_A - P) + d \quad (22)$$

检定结果实例计算见附表 5, 6。

以度盘位置为横坐标, 以 V_i 的平均值 \bar{V} 为纵坐标画出折线图, 再将 $V_{\text{中}}$ 的值按其相应度盘位置标在图上, 并把它们连成一条光滑的正弦曲线, 根据计算结果得到 V_i 最大变化和 \bar{V} 与光滑曲线的差值。

17.2.2 水平度盘偏心差

在照准部偏心差检定结束后, 紧接着按上述方法进行度盘偏心差的检定, 并且要保证照准部不动。每隔 45° 进行检定, 检定方法与检定照准部偏心差相同, 只是每一整置位置是由转动度盘变换钮进行的。

检定结果的计算如下。

设正弦曲线上的点距离对称轴的最大距离为 f_1 (偏心差幅值), 偏心方向与度盘零刻线的夹角为 P_1 , 根据所得的 V_i 值进行下式计算：

求出 P_1 值：

$$P_1 = \arctg \frac{-[V \cos M_A]}{[V \sin M_A]}$$

求出偏心差幅值

$$f_1 = \frac{-2[V \cos M_A]}{n \sin P_1} = \frac{2[V \sin M_A]}{n \cos P_1}$$

或

$$f_1 = \frac{[V \sin (M_A - P_1)]}{[\sin^2 (M_A - P_1)]}$$

$$V_{\text{中}} = f_1 \sin (M_A - P_1) + d$$

17.2.3 水平度盘偏心差对照准部偏心的影响

由水平度盘偏心差检定中取出 f_1 和 P_1 , 由照准部偏心差检定中取出 f 和 P 值。

设 A 为照准部旋转中心, B 为水平度盘旋转中心, C 为水平度盘分划中心, 按 $AC = f$, $BC = f_1$,

$\angle ACB = P - P_1$ 作三角形 ABC 。从三角形 ABC 中量取 $f_2 = AB$, 并计算:

$$F = f_1 + f_2 \quad (23)$$

最后 $2F$ 不超过规定值。

18 光学对点器的视轴相对于竖轴的同轴度

18.1 要求

同轴度误差在 0.6m 至 1.5m 高度内不超过 1mm。

18.2 检定方法

固定经纬仪的照准部, 转动仪器座, 观测距经纬仪 0.6m 和 1.5m 处分划板上的最大变化量, 固定经纬仪的仪器座, 转动照准部, 观测在经纬仪 0.6m 和 1.5m 处分划板上的最大变化量。取上述检定所得的最大变化量绝对值的平均值为检定结果。

也可以用光学对点器检定仪进行检定。

19 竖盘指标自动补偿误差

19.1 要求

竖直度盘指标在仪器倾斜 $\pm 2'$ 时, 自动补偿误差, DJ2 不超过 $3''$; DJ6 不超过 $4.5''$ 。

19.2 检定方法

将经纬仪安置在带微倾的检定台上, 使经纬仪望远镜与平行光管物镜相对排列, 其视轴大致水平并基本重合, 整平仪器。

以平行光管分划板十字丝为目标, 调整微倾装置, 使仪器先后处于五个状态(仪器竖轴位于铅垂, 前倾、后倾、左倾、左倾 $2'$ 的整置状态为 $i=1, 2, 3, 4, 5$)。每个状态进行 2 个测回(设测回数 $j=1, 2$)。读取竖直度盘正、倒镜位置读数 L_{ij}, R_{ij} 。得各状态正、倒镜读数平均值 L_i, R_i , 计算各状态的天顶距和指标差:

$$Z_i = \frac{1}{2}(L_i - R_i + 360) \quad (24)$$

$$I_i = \frac{1}{2}(L_i + R_i - 360) \quad (25)$$

或
$$I_i = (L_i + R_i) - 180^\circ (\text{T}_3 \text{ 仪器}) \quad (26)$$

式中: Z_i ——第 i 状态的天顶距;

I_i ——第 i 状态的指标差。

按下式计算天顶距和指标差变化量:

$$\Delta Z_i = Z_i - \frac{\sum_{i=1}^5 Z_{oi}}{5} \quad (27)$$

$$\Delta I_i = I_i - \frac{\sum_{i=1}^5 I_{oi}}{5} \quad (28)$$

式中: Z_{oi} ——各测回竖轴铅垂时的读数;

I_{oi} ——竖轴铅垂时的指标差;

ΔZ_i ——第 i 状态的天顶距变化量;

ΔI_i ——第 i 状态的指标差变化量。

取 ΔZ_i 和 ΔI_i 的绝对值最大值为检定结果。

20 主望远镜目镜测微器分划值

20.1 要求

此项检定只适用于DJ07 经纬仪,主望远镜目镜测微器分划值误差不超过1"。

20.2 检定方法

用望远镜目镜测微器的不同位置观测一个微小的角度,(以平行光管分划板为微小角度)。此角采用20"~25"为宜,并精确检定出此角度值 α 。

观测时,目镜测微器的整置位置如表12。

表 12

目镜测微器整置位置(周.分划)					
8.00	8.25	8.50	8.75	8.100	
9.05	9.30	9.55	9.80	9.105	
10.10	10.35	10.60	10.85	10.110	

每一整置位置的检定程序如下:

望远镜目镜测微器精确对准上述位置,旋转照准部用望远镜平分丝照准小角度的左目标,进行目镜测微器读数。

转动照准部照准右目标,进行目镜测微器读数。以上操作为一个测回(即每一整置位置为一测回),每一目镜测微器位置连续观测2次,取其平均值,求出该位置所测的角值为 β ,共测得15个 β 值。

再求出15个 β 值的平均值 β_{\mp} ,计算望远镜目镜测微器分划值 μ :

$$\mu = \frac{\alpha}{\beta_{\mp}} \tag{29}$$

式中: α ——平行光管分划板的微小角度测定值(");

β_{\mp} ——目镜测微器观测平均值(格)。

21 偏扭观察目镜测微器分划值

21.1 要求

偏扭观察目镜测微器分划值分划误差不超过1"。

21.2 检定方法

检定方法及计算同20.2。

22 一测回水平方向标准偏差及测角总不确定度

22.1 要求

一测回水平方向标准偏差不得超过表13规定。

用于几何量测角的经纬仪应对测角总不确定度进行检定,其检定方法误差DJ07,DJ1,DJ2 \leq 0.5";DJ6 \leq 1";DJ30 \leq 3"。

经纬仪一测回水平方向标准偏差为判定仪器合格与否的主要指标,测角总不确定度只给出实测数据。

表 13

仪器型号	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求(室内)	0.6	0.8	1.6	4	20

22.2 检定方法

一测回水平方向标准偏差用多目标的平行光管法或多齿分度台与平行光管组成的装置进行检定。

测角总不确定度由多齿分度台与平行光管组成的装置检定。

22.2.1 多齿分度台法

一测回水平方向标准偏差用多齿分度台(391 或552 齿)与平行光管组成的装置检定,检定装置如图5所示。

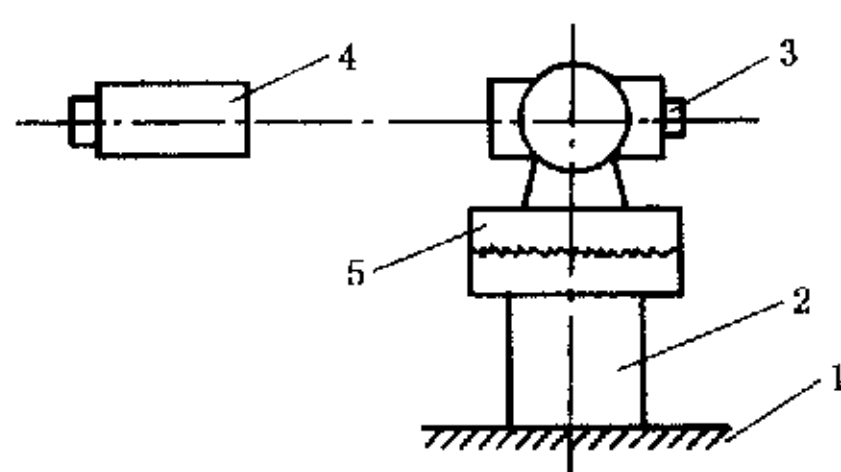


图5

1—基座;2—可调工作台;3—受检仪器;
4—平行光管;5—多齿分度台

将被检经纬仪安置在多齿分度台上,精细调平并使经纬仪回转轴与多齿分度台回转中心同轴,其差值小于0.1mm。

检定DJ07,DJ1 受检位置为23 点,进行二个测回观测。DJ2 受检位置为23 点,进行一测回观测,DJ6、DJ30 为15 点,进行一测回观测。检定时,往测多齿分度台逆时针旋转,返测时多齿分度台顺时针旋转。往返测为一个测回,具体检定方法如下。

多齿分度台置于零位,转动照准部照准平行光管目标,转动度盘变换钮置水平度盘于0°,顺时针方向旋转照准部一周,望远镜照准平行光管目标,盘左读数两次,多齿分度台按预先布点逆时针方向旋转至第2 检定位置,经纬仪照准部以顺时针方向旋转并照准平行光管目标,盘左读数两次。以同样的方法检定3,4…*n* 位置,最后回到零位。取首尾零位读数的平均值作为零位读数。

望远镜翻转180°,逆时针方向旋转照准部照准目标,盘右两次读数,多齿分度台顺时针方向转动第2 检定位置,经纬仪照准部以逆时针方向旋转照准部照准目标,进行第2 位置检定。以同样方法检定3,4, …,*n* 位置,最后回到零位。

分别求出往测、返测各受检点读数 α_i 对平均零位读数 α_0 以及对齿盘标准角值 $\alpha_{\text{标}}$ 的差值为 φ_i 。

各受检点的分度误差 φ_i 按下式求得:

$$\varphi_i = \alpha_i - \alpha_0 - \alpha_{\text{标}} \quad (30)$$

取往测 φ_i 和返测 φ_i 平均值中最大值与最小值之差为测角总不确定度:

$$\Delta = \varphi_{\text{max}} - \varphi_{\text{min}} \quad (31)$$

一测回水平方向标准偏差按下式求得:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\sum \varphi_i^2}{mn}} \quad (32)$$

式中: φ_i ——方向误差($i=1,2,3,\dots,n$);

$$\varphi_i = \varphi - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi \quad (33)$$

m ——测回数;

n ——受检点数。

计算实例见附录表7。

用360 或720 齿多齿分度台检定经纬仪一测回水平方向标准偏差及测角总不确定度时,必须对光学测微器分划误差进行检定。

多齿分度台检定经纬仪度盘分划误差同552 齿的操作相同。

光学测微器分划误差检定时,将光学测微器刻度范围分成*n* 等分,以1/*n* 的角度为微小常角(常角 β 值DJ07,DJ1 为20'',DJ2 为2',DJ6 为10')以标准小角度进行比较检定,也可以用专用平行光管或光楔角规检定。

测角总不确定度按下式求得：

$$\Delta = \pm \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \sigma^2} \quad (34)$$

式中： Δ_1 ——度盘最大分度间隔误差， $\Delta_1 = \varphi_{\max} - \varphi_{\min}$ ；

Δ_2 ——测微器最大分度间隔误差， $\Delta_2 = \varphi_{\max} - \varphi_{\min}$ ；

σ ——度盘测微器单次测角重复性。

$$\sigma = \pm 3 \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (35)$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \pm \sqrt{\frac{[VV]}{2n}}$$

式中： V ——相同位置两次测量值之差；

n —— V 的个数。

一测回水平方向标准偏差按下式求得：

$$\mu = \pm \sqrt{(\hat{\varphi}_1)^2 + (\hat{\varphi}_2)^2 + \sigma_1^2 + \sigma_2^2} \quad (36)$$

式中： $(\hat{\varphi}_1)$ ——度盘分度误差 φ 的均方值；

$$(\hat{\varphi}_1) = \pm \sqrt{\frac{\sum \varphi_i^2}{n}}$$

n ——受检点数；

$(\hat{\varphi}_2)$ ——测微器分度误差 φ 的均方值。

22.2.2 多目标的平行光管法

沿经纬仪水平方向的圆周上，安置4~6个平行光管作为照准目标，用全圆方向观测法进行检定。平行光管的布局应呈随机状态，夹角的角值为度、分、秒值分布。例如6支平行光管的布置，其方位大致为 $0^{\circ}00'$ ， $36^{\circ}02'$ ， $72^{\circ}04'$ ， $108^{\circ}06'$ ， $144^{\circ}08'$ ， $180^{\circ}00'$ ，如果用4个方向测，可取前4个目标。

DJ07, DJ1 观测12个测回, DJ2, DJ6 观测6个测回, DJ30 观测4个测回。

测回数及各测回的水平度盘整置位置如表14规定。

表 14

仪器型号	DJ07, DJ1	DJ2, DJ6	DJ30
测回数	12	6	4
整置位置	$0^{\circ}00'$	$0^{\circ}00'$	$0^{\circ}00'$
	$15^{\circ}05'$	$30^{\circ}11'$	$45^{\circ}15'$
	$30^{\circ}10'$	$60^{\circ}22'$	$90^{\circ}30'$
	$45^{\circ}15'$	$90^{\circ}33'$	$135^{\circ}45'$
	$60^{\circ}20'$	$120^{\circ}44'$	
	$75^{\circ}25'$	$150^{\circ}55'$	
	$90^{\circ}30'$		
	$105^{\circ}35'$		
	$120^{\circ}40'$		
	$135^{\circ}45'$		
	$150^{\circ}50'$		
	$165^{\circ}55'$		

以6个测回为例，检定步骤如下：

经纬仪安置在检定台上，精确调平，整置水平度盘于零度起始位置。照准部顺时针方向旋转一周后，以正镜位置照准目标1，测微器两次读数，并取平均值 L_1 。依次照准目标2, 3, ..., n, 分别读数，并取平均值

L_i 。最后照准起始目标1,回零读数,取起始零位与回零读数的平均值为起始方向值。

将经纬仪望远镜翻转 180° ,以逆时针方向旋转,分别照准目标 $1, n, \dots, 3, 2, 1$,分别读数,取平均值 R_i 。

上述操作为一个测回,一测回观测值结果计算见附录表 8,9。检定装置示意如图 6。

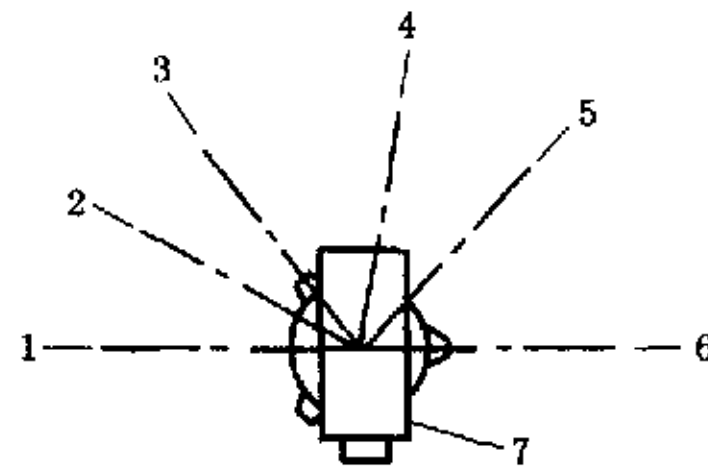


图 6

1~6—平行光管;7—经纬仪

整置水平度盘分别以 $30^\circ 11'$, $60^\circ 22'$, $90^\circ 33'$, $120^\circ 44'$, $150^\circ 55'$ 作为起始位置,重复第一测回的观测,依次求出第 2 至第 6 测回的观测结果。6 个测回的检定结果的数据处理见附表 8,9。一测回水平方向标准偏差按下式求得:

$$\mu = \pm \sqrt{\frac{\sum V^2 - \frac{[\sum V]^2}{n}}{(m-1)(n-1)}} \quad (37)$$

式中: m ——测回数;

n ——照准目标数。

23 一测回竖直角标准偏差及测角总不确定度

23.1 要求

一测回竖直角标准偏差不得超过表 15 规定。

表 15

仪器系列	DJ07	DJ1	DJ2	DJ6	DJ30
要求	2"	2"	6"	10"	45"

测角总不确定度的检定方法误差小于 $1''$ 。

23.2 检定方法

一测回竖直角标准偏差用竖直角检定装置检定,检定装置如图 7 所示。该装置在 $\pm 30^\circ$ 范围内不少于 5 个目标,每一个应当是非整度数的,其中中间目标为绝对水平。

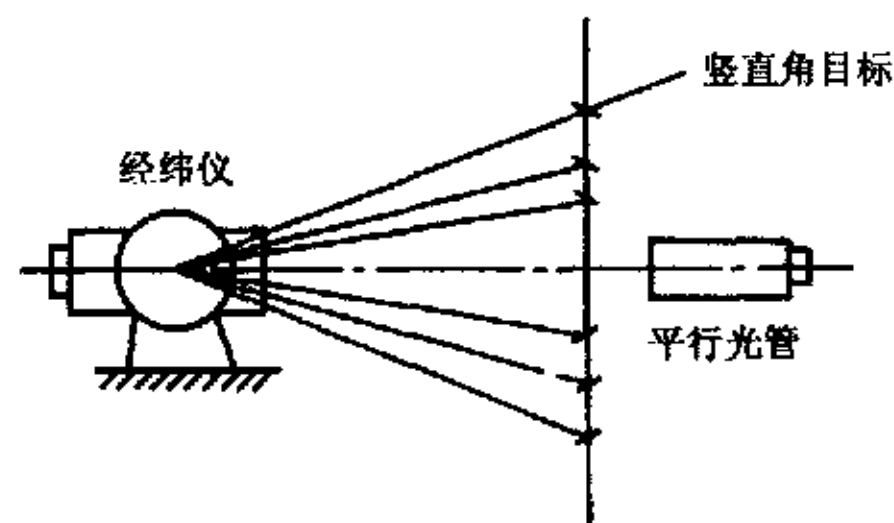


图 7

检定时,将经纬仪安置在检定台上,并精细整平,依次对每一个目标进行正倒镜观测。在每一位置观测时,读数两次,取平均值,求出各目标方向值。各目标方向值减去水平方向值,即得各竖直角的测得值 a_i 。以上为一个测回,共进行 2~4 个测回。

一测回竖直角标准偏差按下式求得：

$$\mu_z = \sqrt{\frac{[s^2]}{kn}} \quad (38)$$

$$s_i = \alpha_i - \alpha_{\text{实}}$$

式中： s ——真误差；

$\alpha_{\text{实}}$ ——竖直角实际值；

k ——测回数， $k=2\sim 4$ ；

n ——标准竖直角个数。

测角总不确定度方法如下。

竖直角测角总不确定度的检定也在竖直角检定装置上进行。将上述各测回的竖直角测得值取平均值，减去标准角的实际值，求得各竖直角测角误差，取最大值与最小值之差为竖直角测角总不确定度。

竖直角测角总不确定度的检定也可以在标准竖直角检定装置上进行。

四 检定结果处理和检定周期

24 经检定合格的仪器，发给检定证书；检定不合格的仪器，发给检定结果通知书，并注明其不合格项目。

25 经纬仪的检定周期根据使用情况确定，一般为1年。

附 录

表1 水平度盘光学测微器行差

仪器编号:

年 月 日

度盘位置 (° ')	a	b	c	a-b (")	a-c (")
0 00	+0.2 <u>+0.1</u> +0.2	-0.3 <u>-0.3</u> -0.3	0.6 <u>-0.6</u> -0.6	0.5	0.8
30 20	-1.1 <u>-1.3</u> -1.2	-1.9 <u>-1.4</u> -1.6	-2.0 <u>-1.7</u> -1.8	0.4	0.6
60 40	1.0 <u>1.2</u> 1.1	0.5 <u>0.2</u> 0.4	0.5 <u>0.2</u> 0.4	0.7	0.7
90 00	-1.1 <u>-0.9</u> -1.0	-1.6 <u>-1.7</u> -1.6	-1.5 <u>-1.0</u> -1.2	0.6	0.2
120 20	+0.3 <u>0.0</u> 0.2	-0.6 <u>-0.8</u> -0.7	-0.2 <u>-0.4</u> -0.3	0.9	0.5
150 40	-0.9 <u>-0.7</u> -0.8	-1.4 <u>-1.6</u> -1.5	-1.5 <u>-1.3</u> -1.4	0.7	0.6
180 0	-1.1 <u>-0.9</u> -1.0	-1.6 <u>-1.6</u> -1.6	-1.1 <u>-1.3</u> -1.2	0.6	0.2
210 20	0.3 <u>-0.2</u> 0.0	-0.1 <u>-0.3</u> -0.2	-0.5 <u>-0.5</u> -0.5	0.2	0.5
240 40	-0.6 <u>-0.9</u> -0.8	-1.3 <u>-1.1</u> -1.2	-1.8 <u>-1.4</u> -1.6	0.4	0.8
270 00	0.8 <u>0.6</u> 0.7	0.0 <u>0.1</u> 0.0	-1.0 <u>+0.4</u> -0.3	0.7	1.0
300 20	-0.9 <u>-0.5</u> -0.7	-1.1 <u>-1.3</u> -1.2	-1.4 <u>-1.4</u> -1.4	0.5	0.7
330 40	0.2 <u>0.5</u> 0.4	0.0 <u>0.1</u> 0.0	0.0 <u>-0.2</u> -0.1	0.4	0.5

$$r = \frac{r_{\perp} + r_{\parallel}}{2} = \frac{0.55 + 0.6}{2} = 0.6 \quad r_{\perp} = 0.55'' \quad r_{\parallel} = 0.6$$

表2 水平度盘光学测微器隙动差

仪器编号:

年 月 日

度盘位置 (°)	测微器读数		隙动差 $\frac{1}{5}(a-b)$ (")	度盘位置 (°)	测微器读数		隙动差 $\frac{1}{5}(a-b)$ (")
	旋进 <i>a</i>	旋出 <i>b</i>			旋进 <i>a</i>	旋出 <i>b</i>	
	00.8	00.1	00.7		33.2	32.7	0.5
	00.7	00.2	00.5		33.4	33.0	0.4
	00.6	-00.1	00.7		33.7	33.0	0.7
	00.7	00.2	00.5		33.1	32.2	0.9
	00.4	00.3	<u>00.1</u>		33.5	33.1	<u>0.4</u>
			00.5				0.6
	21.7	21.3	00.4		52.4	51.7	0.7
	21.6	21.0	00.6		52.9	51.7	1.2
	20.9	21.0	-00.1		52.7	52.2	0.5
	21.2	19.9	00.3		52.6	52.0	0.6
	21.4	21.2	<u>00.2</u>		52.6	52.0	<u>0.6</u>
			00.3				0.7

最大隙动差=0.7"

表3 照准部旋转正确性

仪器编号:

年 月 日

照准部 位置	水准器气泡 两端读数		水准器 轴之倾斜	水准器气泡 两端读数		水准器 轴之倾斜	水准器气泡 两端读数		水准器 轴之倾斜	水准器气泡 两端读数		水准器 轴之倾斜
	左	右		左	右		左	右		左	右	
	第一周正转			第二周正转			第二周反转			第一周反转		
	左	右	和	左	右	和	左	右	和	左	右	和
0	6.8	13.3	20.1	7.1	13.6	20.7	7.0	13.2	20.2	7.2	13.2	20.4
45	7.0	13.4	20.4	7.2	13.6	20.8	7.1	13.5	20.6	7.1	13.5	20.6
90	6.9	13.3	20.2	7.0	13.3	20.3	6.7	13.1	19.8	6.9	13.3	20.2
135	7.0	13.3	20.3	6.8	13.2	20.0	6.5	12.9	19.4	6.8	13.2	20.0
180	7.0	13.4	20.4	6.8	13.1	19.9	6.5	12.9	19.4	6.5	12.9	19.4
225	6.9	13.3	20.2	6.8	13.1	19.9	6.8	13.2	20.0	6.8	13.2	20.0
270	7.0	13.4	20.4	6.8	13.2	20.0	7.2	13.6	20.8	7.2	13.1	20.1
315	7.1	13.5	20.6	7.0	13.3	20.3	7.2	13.6	20.8	7.0	13.5	20.5

照准部位置	正转对径读数平均值 <i>g</i>			反转对径读数平均值 <i>g</i>		
	1	2	3	1	2	3
0	20.2	20.3	20.3	19.9	19.8	20.0
45	20.3	20.4	20.4	20.3	20.3	20.1
90	20.3	20.1	20.0	20.1	20.3	20.2
135	20.5	20.1	20.1	20.2	20.1	19.9

照准部旋转正确性误差 20.5-19.8=0.7 格

表4 望远镜调焦时视轴的变动误差

仪器编号: _____ 年 月 日

准线点距离 L_i (m)		3	9	18	50	∞
正镜 A_i	往测	44.0	44.0	43.0	43.5	43.0
	返测	42.5	42.5	43.0	42.5	43.0
	平均	43.2	43.2	43.0	43.0	43.0
倒镜 B_i	往测	73.5	74.0	73.0	72.5	72.5
	返测	72.5	72.5	72.5	74.0	72.5
	平均	73.0	73.2	72.8	73.2	72.5
$\omega_i = \frac{A_i - B_i}{2} \cdot t_i$ $t = 2''$		29.8	30.0	29.8	30.2	29.6
$w_i = \omega_{\infty} - \omega_i$		-0.2	-0.4	-0.2	-0.6	0

表5 照准部偏心差

仪器编号: _____ 年 月 日

测回数	度盘位置	水准器读数	对径分划线重合时的读数 t			分划线与指标重合时的读数 t'			$V = 2(t - t')$
			1	2	和	1	2	和	
	(°)	(g)	(")	(")	(")	(")	(")	(")	
I	0	5.5	12.6	12.4	25.0	2.1	2.5	4.6	40.8
	45	5.3	14.1	14.7	28.8	4.0	5.0	9.0	37.6
	90	5.0	14.8	14.2	29.0	4.3	4.7	9.0	40.0
	135	5.0	15.0	15.2	30.2	3.7	3.8	7.5	45.4
I	0	4.3	17.7	17.8	35.5	7.4	7.7	15.1	40.8
	45	4.2	29.6	29.0	58.6	20.5	20.6	41.1	37.0
	90	4.6	25.6	25.3	50.9	15.3	15.1	30.4	41.0
	135	4.0	33.3	33.0	66.3	22.1	22.4	44.5	43.6
I	180	4.8	17.2	17.4	34.6	3.5	3.8	7.3	54.6
	225	5.0	40.5	40.5	81.0	26.3	26.4	52.6	56.8
	270	5.1	14.8	14.7	29.5	2.3	2.0	4.3	50.4
	315	5.2	27.5	27.6	55.1	15.8	16.0	31.8	46.6

续表5

仪器编号:

年 月 日

测回数	度盘位置	水准器读数	对径分划线重合时的读数 t			分划线与指标重合时的读数 t'			$V=2(t-t')$
			1	2	和	1	2	和	
	(°)	(g)	(")	(")	(")	(")	(")	(")	
II	180	4.0	22.5	22.5	45	10.0	10.4	20.4	49.2
	225	4.2	31.8	32.0	63.8	18.6	19.0	37.6	52.4
	270	4.5	16.8	16.7	33.5	4.0	4.3	8.3	50.4
	315	4.8	30.4	30.2	60.6	19.2	19.6	38.8	42.6

注: 返测未列表格, 计算方法相同。

表6 照准部偏心差 V 值计算实例

仪器编号:

年 月 日

照准 部位 置 M_A (°)	V (观测值)				平均 (")	$\sin M_A$	$\cos M_A$	$V \sin M_A$	$V \cos M_A$	$M_A - P$ (°)	$\sin(M_A - P)$	$f \sin(M_A - P)$	$d = \frac{[V]}{n}$ (")	$V_{\text{H}} = d + f \sin \times (M_A - P)$
	往 测		返 测											
	I (")	II (")	I (")	II (")										
0	40.8	40.8	37.2	36.4	38.8	0.000	1.000	0.000	38.8	222	-0.67	-5.2	44.5	39.3
45	39.6	37.0	36.8	38.4	38.0	0.707	0.707	26.9	26.9	267	-0.99	-7.7		36.7
90	40.0	41.0	34.2	36.8	38.2	1.000	0.000	38.2	0.000	312	-0.74	-5.8		38.7
135	45.4	43.6	42.6	41.6	43.3	0.707	-0.707	30.6	-30.6	357	-0.05	-0.4		44.1
180	54.6	49.2	51.0	53.8	52.2	0.000	-1.000	0.000	-52.2	42	0.67	5.2		49.7
225	56.8	52.4	49.8	49.4	52.1	-0.707	-0.707	-36.8	-36.8	87	0.99	+7.7		52.2
270	50.4	50.4	49.2	45.8	49.9	-1.000	0.000	-49.9	0.000	132	0.74	5.8		50.3
315	46.6	42.6	43.0	42.6	43.7	-0.707	0.707	-33.6	33.6	177	0.05	0.4		44.9

$$[V] = 356$$

$$[V \sin M_A] = -23.8, [V \cos M_A] = -21.1$$

$$d = \frac{[V]}{n} = \frac{356}{8} = 44.5$$

$$f = \frac{-2[V \cos M_A]}{n \times \sin P} = \frac{42.2}{8 \times 0.6} = 7.7''$$

$$P = \arctg \frac{-[V \cos M_A]}{[V \sin M_A]} = \arctg \frac{-[-21.1]}{-23.8} = -42^\circ = 138^\circ$$

$$f' = \frac{2[V \sin M_A]}{n \cos P} = \frac{-47.6}{-(8 \times 0.74)} = 7.9''$$

$$f_{\text{平均}} = 7.8''$$

表7 测角总不确定度及一测回水平方向标准偏差

仪器编号		年 月 日			
标准角值	读 数			与标准值之差 φ_i	$\varphi_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_i$
	L	R	平均		
0°0'00"	0.0"	0.0"	0.0"	0.0	-0.8
15°39'7.8"	9.0	8.3	8.6	0.8	0.0
31°18'15.7"	14.0	15.5	14.8	-0.9	-1.7
46°57'23.5"	22.5	23.5	23.0	-0.5	-1.3
62°36'31.3"	32.0	30.6	31.3	0.0	-0.8
78°15'39.1"	38.2	39.1	38.6	-0.5	-1.3
93°54'47.0"	46.5	45.9	46.2	-0.8	-1.6
109°33'54.8"	57.2	56.1	56.6	1.8	1.0
125°13'2.6"	2.6	2.9	2.8	0.2	-0.6
140°52'10.4"	13.1	10.9	12.0	1.6	0.8
156°31'18.2"	19.4	17.3	18.4	0.2	-0.6
172°10'26"	26.9	27.6	27.2	1.2	0.4
187°49'33.9"	35.5	37.1	36.3	2.4	1.6
203°28'41.7"	44.3	45.0	44.6	2.9	2.1
219°07'49.5"	50.1	52.2	51.2	1.7	0.9
234°46'57.3"	59.8	58.7	59.2	1.9	1.1
250°26'5.2"	5.0	8.0	6.5	1.3	0.5
266°05'13"	12.2	13.7	13.0	0.0	-0.8
281°44'20.8"	20.6	23.3	22.0	1.2	0.4
297°23'28.6"	27.5	29.6	28.6	0.0	-0.8
313°02'36.5"	37.7	39.5	38.5	2.0	1.2
328°41'44.3"	45.1	46.2	45.6	1.3	0.5
344°20'52.2"	52.0	55.3	53.6	1.4	0.6

起始与终了零位已归零

$$\begin{aligned} \text{测角总不确定度 } \Delta &= \varphi_{\max} - \varphi_{\min} \\ &= 2.9 - (-0.9) \\ &= 3.8'' \end{aligned}$$

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varphi_i = 0.8$$

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum \varphi_i^2}{mn}} = \sqrt{\frac{25.36}{23}} = 1.0'' (m=1)$$

表8 一测回水平方向标准偏差

仪器编号:

年 月 日

照准标	盘左 L			盘右 R			盘左+盘右 2	角度值
	观测次序	读 数	平 均	观测次序	读 数	平 均		
		(°)'(″)	(″)		(°)'(″)	(″)	(″)	(°)'(″)
1		0°0'21.1″	21.3		180°0'19.5″	19.8	21.0	
		21.5″	(21.6)		20.0″	(20.4)		
2		57°3'0.6″	0.4		237°3'1.0″	1.1	0.8	57°2'39.8″
		0.2″			1.2″			
3		176°37'42.8″	42.5		356°37'42.0″	42.1	42.3	176°37'21.3″
		42.2″			42.2″			
4		239°10'48.0″	48.0		59°10'44.5″	44.3	46.1	239°10'25.1″
		48.0″			44.1″			
		0°0'22.0″	21.9		180°0'21.0″	21.0		
		21.8″			21.0″			

注：照准标的平均值应以起始读数与归零读数取平均值，在计算2C时，则以本照准标的读数进行计算。

表9 一测回水平方向标准偏差的计算

测回号	起始位置 (°)	照准标1 (°)(′)(″)	照准标2			照准标3			照准标4			照准标5			[V] ²	[V]	年 月 日
			角度值 (°)(′)(″)	V	VV	角度值	V	VV	角度值	V	VV	角度值	V	VV			
1	0°00′		37°2′39.8	1.4	196	176°37′21.3	0.7	0.49	239°10′25.1	1.2	1.44				3.3	10.89	
2	30°11′		37.8	-0.6	0.36	18.3	-2.3	5.21	22.4	-1.5	2.25				4.4	19.36	
3	60°22′		38.8	0.4	0.16	22.2	1.6	2.56	24.4	0.5	0.25				2.5	6.25	
4	90°33′		38.7	0.3	0.09	22.6	2.0	4.0	24.6	0.7	0.49				3.0	9.0	
5	120°44′		36.5	-1.9	3.61	18.5	-2.1	4.41	22.1	-1.8	3.24				5.8	33.64	
6	150°55′		38.8	0.4	0.16	20.6	0	0.0	24.7	0.8	0.64				1.2	1.44	
			平均 38.4		6.34	20.6		16.75	23.9		8.31				Σ80.58		

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum V^2 - \frac{(\sum V)^2}{n}}{(m-1)(n-1)}} = \sqrt{\frac{80.58 - \frac{31.4^2}{4}}{15}} = \pm 0.9''$$