



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 414—2011

光 学 经 纬 仪

Optical Theodolites

2011-11-14 发布

2012-05-14 实施

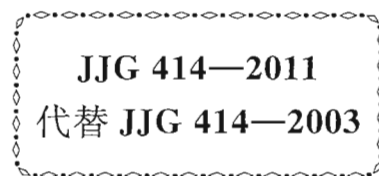


国家质量监督检验检疫总局 发布

光学经纬仪检定规程

Verification Regulation of

Optical Theodolites



本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2011 年 11 月 14 日批准，并自 2012 年 5 月 14 日起施行。

归 口 单 位：全国几何量长度计量技术委员会

主要起草单位：中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所
中国计量科学研究院

参加起草单位：广东省计量科学研究院

中航长城计量测试（天津）有限公司

国家光电测距仪检测中心

中国地震局第二监测中心

本规程委托全国几何量长度计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

师会生（中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所）

崔岩梅（中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所）

刘 雯（中国计量科学研究院）

参加起草人：

黄 稣（广东省计量科学研究院）

张振红（中航长城计量测试（天津）有限公司）

牟秀珍（国家光电测距仪检测中心）

黄 智（中国地震局第二监测中心）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能要求	(1)
5.1 水准器轴与竖轴的垂直度	(1)
5.2 照准部旋转正确性	(1)
5.3 视准轴与横轴的垂直度	(1)
5.4 横轴与竖轴的垂直度	(1)
5.5 竖盘指标差	(1)
5.6 望远镜调焦运行误差	(2)
5.7 光学对中器对中误差	(2)
5.8 竖盘指标自动补偿误差	(2)
5.9 一测回水平方向标准偏差	(2)
5.10 一测回竖直角测角标准偏差	(2)
6 通用技术要求	(2)
6.1 外观及各部件相互作用	(2)
6.2 望远镜十字分划板竖丝的铅垂性	(3)
7 计量器具控制	(3)
7.1 检定条件	(3)
7.2 检定项目	(3)
7.3 检定方法	(4)
7.4 检定结果的处理	(8)
7.5 检定周期	(9)
附录 A 其他检定方法	(10)
附录 B 检定记录格式实例	(14)
附录 C 检定证书和检定结果通知书内页格式	(20)

光学经纬仪检定规程

1 范围

本规程适用于光学经纬仪的首次检定、后续检定和使用中检查。

2 引用文件

本规程引用下列文件：

GB/T 3161—2003 光学经纬仪

ISO 17123-3—2001 光学和光学仪器 大地测量仪器野外试验程序 第3部分：经纬仪 (Optics and optical instruments—Field procedures for testing geodetic and surveying instruments—Parts 3: theodolites)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语

3.1 一测回水平方向标准偏差 the experimental standard deviation of a horizontal direction
在望远镜正倒镜位置观测同一目标所得水平方向平均值的实验标准偏差。

3.2 一测回竖直角测角标准偏差 the experimental standard deviation of a vertical angle
在望远镜正倒镜位置观测同一目标所得竖直角平均值的实验标准偏差。

4 概述

光学经纬仪是用于测量水平角和竖直角精密光学仪器，它广泛应用于工程测量、大地测量和计量工作中。

光学经纬仪（以下简称经纬仪）按标称一测回水平方向标准偏差分为如下等级：DJ₀₇，DJ₁，DJ₂，DJ₆，DJ₃₀。

5 计量性能要求

5.1 水准器轴与竖轴的垂直度

经纬仪水准器轴与竖轴的垂直度应不超过 0.5 格。

5.2 照准部旋转正确性

经纬仪照准部旋转正确性应不超过 0.8 格。

5.3 视准轴与横轴的垂直度

经纬仪视准轴与横轴的垂直度应不超过表 1 的规定。

5.4 横轴与竖轴的垂直度

经纬仪横轴与竖轴的垂直度应不超过表 1 的规定。

5.5 竖盘指标差

经纬仪竖盘指标差应不超过表 1 的规定。

5.6 望远镜调焦运行误差

经纬仪望远镜调焦运行误差应不超过表 1 的规定。

5.7 光学对中器对中误差

经纬仪光学对中器对中误差应不超过 1 mm。

5.8 竖盘指标自动补偿误差

经纬仪竖盘指标自动补偿误差应不超过表 1 的规定。

5.9 一测回水平方向标准偏差

经纬仪一测回水平方向标准偏差应不超过表 1 的规定。

5.10 一测回竖直角测角标准偏差

经纬仪一测回竖直角测角标准偏差应不超过表 1 的规定。

表 1 计量性能一览表

(")

序号	项目	计量性能要求				
		DJ ₀₇	DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆	DJ ₃₀
1	视准轴与横轴的垂直度	±5	±6	±8	±10	±16
2	横轴与竖轴的垂直度	±10	±10	±15	±20	±60
3	竖盘指标差	±10	±12	±16	±20	±32
4	望远镜调焦运行误差	±6	±6	±10	±15	±40
5	竖盘指标自动补偿误差	±3	±3	±3	±4.5	—
6	一测回水平方向标准偏差	0.6	0.8	1.6	4	20
7	一测回竖直角测角标准偏差	2	2	6	10	45

注：进口经纬仪的一测回水平方向标准偏差和一测回竖直角测角标准偏差不得大于其出厂标称值，其他检定项目应本着就低不就高的原则对照表 1 相应等级的要求执行。

6 通用技术要求

6.1 外观及各部件相互作用

6.1.1 经纬仪外表应无脱漆、锈蚀和碰伤；零件结合处应齐整，密封良好。

6.1.2 望远镜十字分划板、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。

6.1.3 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。

6.1.4 望远镜和读数显微镜视场内应有足够的亮度，且亮度均匀。

6.1.5 圆形及管状水准器无松动现象。经纬仪整平后，圆形水准器的气泡不得超出水准器的分划圈。

6.1.6 光学测微器、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。

6.1.7 调节望远镜的目镜时，望远镜分划板影像应无晃动现象。

6.1.8 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。

6.1.9 经纬仪应标注制造厂名（或厂标）、出厂编号、型号，国产经纬仪必须有计量器具制造许可证编号及 MC 标志。

对于后续检定和使用中检查的经纬仪，允许有不影响准确度的上述缺陷。

6.2 望远镜十字分划板竖丝的铅垂性

经纬仪整平后，望远镜十字分划板竖丝应铅垂，不应有目力可见的偏差。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

7.1 检定条件

7.1.1 主要检定器具

检定经纬仪的主要检定器具及技术要求见表 2。

表 2 主要检定器具一览表

序号	主要检定器具	技术要求
1	立式多齿分度台	最大分度间隔误差 $\leq 0.3''$
2	竖直角标准装置	最大分度间隔误差 $\leq 1.0''$
3	平行光管	焦距 ≥ 500 mm；分划板格值 $\leq 30''/\text{格}$
4	准线仪或准线光管	目标数 ≥ 5 ；视准线直线度 $\leq 3''$

7.1.2 环境条件

7.1.2.1 经纬仪检定工作应在 $(20 \pm 10)^\circ\text{C}$ 下进行。

7.1.2.2 检定室应保持干燥、清洁；检定装置稳定可靠，不受震动影响。

7.2 检定项目

经纬仪的检定项目见表 3。

表 3 检定项目一览表

序号	检定项目	检定类别		
		首次检定	后续检定	使用中检查
1	外观及各部件的相互作用	+	+	+
2	水准器轴与竖轴的垂直度	+	+	+
3	照准部旋转正确性	+	—	—
4	望远镜十字分划板竖丝的铅垂性	+	+	+
5	视准轴与横轴的垂直度	+	+	+
6	横轴与竖轴的垂直度	+	+	+
7	竖盘指标差	+	+	+
8	望远镜调焦运行误差	+	+	—
9	光学对中器对中误差	+	+	+

表 3 (续)

序号	检定项目	检定类别		
		首次检定	后续检定	使用中检查
10	竖盘指标自动补偿误差	+	+	—
11	一测回水平方向标准偏差	+	+	—
12	一测回竖直角测角标准偏差	+	—	—
检定类别中，“+”表示需检项目，“—”表示不需检项目。				

7.3 检定方法

7.3.1 外观及各部件相互作用

目力观察和操作试验。其结果应符合 6.1 要求。

7.3.2 水准器轴与竖轴的垂直度

将被检经纬仪安装在检定台上并整平，旋转照准部使其管状水准器与任意两脚螺旋连线平行，调整脚螺旋使水准气泡精确居中，旋转照准部 180°，观测气泡位置，取气泡位置偏移量的一半为垂直度偏差。其结果应符合 5.1 要求。

7.3.3 照准部旋转正确性

精确整平经纬仪，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；顺时针方向旋转照准部，每隔 90°读取水准气泡一次，顺时针方向进行两周检定。

逆时针方向旋转照准部，每隔 90°读取水准气泡一次，共进行两周。

取每一周中对径位置读数的平均值，取四周检定中最大值与最小值之差为照准部旋转的正确性。其结果应符合 5.2 要求，检定实例计算见附录 B 表 B.1。

7.3.4 望远镜十字分划板竖丝的铅垂性

精确整平经纬仪，用望远镜十字分划板竖丝照准水平位置某一目标点，纵向微动望远镜，观察目标与竖丝的水平方向偏差，其结果应符合 6.2 要求。

7.3.5 视准轴与横轴的垂直度

在室内布置两支光轴在同一水平线、相差 180°的平行光管，其中一支须装有格值不大于 30″/格的分划板，检定装置见图 1。

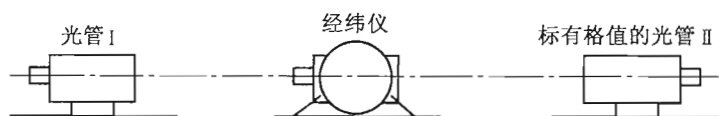


图 1 视准轴与横轴的垂直度检定装置

精确整平经纬仪，以正镜位置瞄准平行光管 I 的十字分划板中心，固定照准部，纵转望远镜 180°，在平行光管 II 的分划板横丝上，读取经纬仪竖丝所在位置的格数 b_1 。

旋转照准部 180°，以倒镜位置重复上述检定并读取格数 b_2 。

视准轴与横轴的垂直度按式 (1) 计算：

$$c = \frac{1}{4}(b_2 - b_1)t \quad (1)$$

式中： t ——平行光管 II 分划板横丝格值，(″)。

其结果应符合表 1 要求。

视准轴与横轴的垂直度也可用多齿分度台和光管 II 组成的装置检定，检定方法见附录 A.1。

7.3.6 横轴与竖轴的垂直度

横轴与竖轴的垂直度用高低点进行检定。将平行光管按图 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，平行光管 II 须装有格值不大于 $30''$ 的分划板。高、低两光管相对水平方向的夹角大于 25° ，两夹角对称度小于 $30'$ 。

精确整平经纬仪，以正镜位置瞄准平行光管 I 的十字分划板中心，向下旋转望远镜，在平行光管 II 的横丝上读取望远镜十字线竖丝所在位置的格数 A （以实际刻划为准）；以倒镜位置重复上述操作并读取格数 B 。此为一测回。

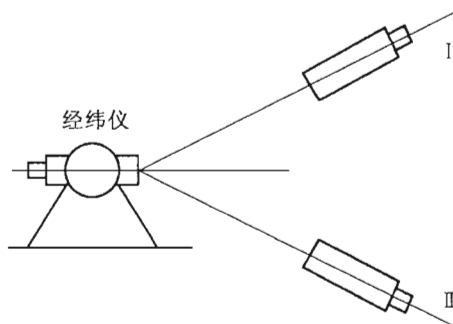


图 2 横轴与竖轴的垂直度检定装置结构

横轴与竖轴垂直度按式 (2) 计算：

$$i = \frac{(A - B)t}{4} \cot \alpha \quad (2)$$

式中： t ——平行光管 II 十字分划板横丝格值， $('')$ / 格；

α ——平行光管 I（或 II）与水平方向的夹角。

其结果应符合表 1 要求。

横轴与竖轴的垂直度也可用经纬仪读数的方法检定，检定方法见附录 A.2。

7.3.7 竖盘指标差

精确整平经纬仪，以正镜位置用望远镜十字分划板横丝瞄准水平位置平行光管十字分划板中心，符合水泡符合，然后读取竖直度盘读数，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 。

竖盘指标差 I 按式 (3) 计算（公式的选择见仪器说明书）：

$$I = \frac{(L + R) - 360^\circ}{2} \quad (3)$$

或

$$I = (L + R) - 180^\circ \quad (4)$$

其结果应符合表 1 要求。

7.3.8 望远镜调焦运行误差

将经纬仪安置在检定台上，照准管内安置不少于 5 块分划板的准线仪（或准线光管），各分划板十字丝中心应严格在一条直线上（或有微小误差但其修正值），如图 3

所示。

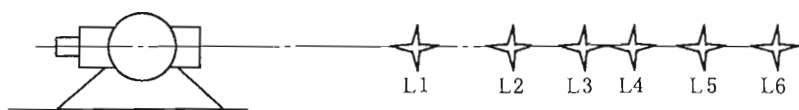


图3 分划板位置

调节经纬仪照准部和准线仪微调螺丝,使经纬仪与准线仪无穷远和最短视距十字丝中心重合。

以正镜位置从最短视距到无穷远对各目标逐个瞄准,并读取水平角读数,再从无穷远到最短视距进行上述检定作为返测,取各点往返测读数的平均值为 L_i 。

以望远镜倒镜位置重复上述检定,取平均值 R_i 。

视轴各点的照准差按式(5)求得:

$$C_i = \frac{L_i - R_i \pm 180^\circ}{2} \quad (5)$$

望远镜调焦运行误差按式(6)计算:

$$\Delta C_i = C_\infty - C_i \quad (6)$$

取 ΔC_i 绝对值最大值为检定结果,其结果应符合表1要求。计算实例见附录B表B.2。

当准线仪(或准线光管)中各目标分划板严格准直(准线误差 $\leq 2''$)后,可通过直接比对检定调焦运行误差。

7.3.9 对中器对中误差

光学对中器安置在基座上的经纬仪:将经纬仪安置在光学对中器检验台上,转动检验台,观测距经纬仪0.6 m和1.5 m处分划板上的最大变化量;

光学对中器安置在照准部上的经纬仪:将经纬仪安置在光学对中器检验台或三脚架上,转动照准部,观测距经纬仪0.6 m和1.5 m处分划板上的最大变化量。

取上述检定所得的最大变化量的一半为检定结果,其结果应符合5.7要求。

7.3.10 竖盘指标自动补偿误差

将经纬仪安置在带微倾功能的工作台上,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,整平经纬仪。

以平行光管分划板十字丝中心为目标,调整微倾装置,使经纬仪先后处于五个状态(经纬仪竖轴位于铅垂、前倾、后倾、左倾、右倾 $2'$ 的整置状态为 $i=1, 2, 3, 4, 5$)。读取天顶距 Z 。

以竖轴五个状态的天顶距读数平均值为基准,按式(7)计算天顶距变化量:

$$\Delta Z_i = Z_i - \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 Z_i \quad (7)$$

式中: ΔZ_i ——第 i 状态的天顶距变化量。

取 ΔZ_i 的绝对值最大值为检定结果,其结果应符合表1要求。

7.3.11 一测回水平方向标准偏差

沿经纬仪水平方向的圆周上,安置4~6只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、秒分布。

为确保检定结果可靠度，对半测回归零差、一测回二倍照准差互差及各测回方向值互差作出限差规定，见表 4。

表 4 测回数及限差

经纬仪等级	DJ ₀₇	DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆	DJ ₃₀
测回数	12	9	6	4	4
半测回归零差 (″)	2	3	4	12	—
一测回二倍照准差互差 (″)	5	6	8	30	90
各测回方向值互差 (″)	4	6	6	18	—

半测回归零差超限时，应重测该测回；一测回二倍照准差互差和各测回方向值互差超限时，应重测超限方向（带上零方向）或重测一测回；一测回重测方向数超过该测回全部方向数的三分之一时，应重测该测回；如果检定过程中重测方向数超过全部方向数的三分之一时，应重测全部测回。

将经纬仪安置在检定台上，精确调平，整置水平度盘于受检位置。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，并取平均值为 L_{i1} 。依次照准目标 2, 3, …, n ，分别读数，并取平均值 L_{ij} 。最后照准起始目标 1，回零读数仅用来检核观测成果，不参加一测回水平方向标准差的计算。

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 , …, 3, 2, 1，分别读数取平均值 R_{ij} 。

上述操作为一测回，变换水平度盘起始位置（根据测回数 m ，将度盘读数改变 $180^\circ/m$ ），重复上述测回的观测，依次求出各测回的观测结果。

首先，计算各测回观测中各目标正镜倒镜读数平均值：

$$x_{ij} = \frac{1}{2}(L_{ij} + R_{ij} \pm 180^\circ) \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

各目标相对于目标 1 的方向值：

$$x'_{ij} = x_{ij} - x_{i1} \quad (9)$$

各目标方向值相对于 m 测回平均值的偏差：

$$v_{ij} = x'_{ij} - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x'_{ij} \quad (10)$$

一测回水平方向标准偏差按式 (11) 求得：

$$s_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=2}^n v_{ij}^2 - \sum_{i=1}^m (\sum_{j=2}^n v_{ij})^2 / n}{(m-1)(n-1)}} \quad (11)$$

式中： m ——测回数；

n ——照准目标数。

一测回水平方向标准偏差检定结果的数据处理见附录 B 表 B3、表 B4（以 6 测回为例），其结果应符合表 1 要求。

一测回水平方向标准偏差也可用多齿分度台与平行光管组成的装置检定，具体方法见附录 A.3。

7.3.12 一测回竖直角测角标准偏差

一测回竖直角测角标准偏差用多目标竖直角检定装置检定，检定装置如图 4 所示。该装置在 $\pm 30^\circ$ 范围内不少于 5 个目标，每个目标的方向值应为非整数度。

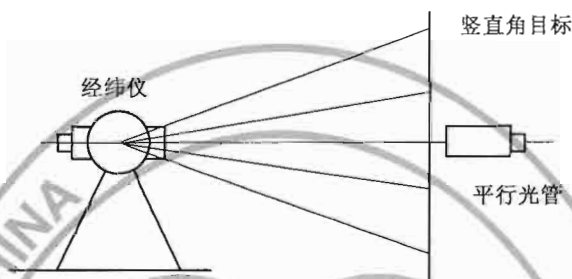


图 4 竖直角检定装置

检定时，将经纬仪安置在检定台上并精确整平，依次对各目标进行正镜和倒镜观测，得天顶距观测值 L_{ij} 和 R_{ij} ，至少进行 4 测回。

竖盘指标差 I_{ij} 按式 (3) 或式 (4) 计算，在一测回观测过程中，竖盘指标差的变化限差见表 5 规定。

表 5 竖盘指标差的变化 (")

经纬仪型号	DJ ₀₇	DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆	DJ ₃₀
要求	8	10	12	15	30

竖直角 α_{ij} 按式 (12) 求得 (公式的选择见仪器说明书)：

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{2}(R_{ij} - L_{ij} - 180^\circ) \quad (12)$$

或

$$\alpha_{ij} = L_{ij} - R_{ij} \quad (13)$$

各目标竖直角平均值：

$$\bar{\alpha}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \alpha_{ij} \quad (14)$$

各目标残差：

$$v_{ij} = \alpha_{ij} - \bar{\alpha}_j \quad (15)$$

一测回竖直角测角标准偏差按式 (16) 求得：

$$s_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij}^2}{n(m-1)}} \quad (16)$$

一测回竖直角测角标准偏差检定结果的数据处理见附录 B 表 B.5，其结果应符合表 1 要求。

一测回竖直角测角标准偏差也可用竖直角标准装置检定，具体方法见附录 A.4。

7.4 检定结果的处理

经检定完全符合本规程规定和要求的经纬仪，发给检定证书；不符合要求的经纬仪，发给检定结果通知书，并注明其不合格项目。

7.5 检定周期

经纬仪的检定周期根据使用情况而定，一般不超过 1 年。



附录 A

其他检定方法

A.1 视准轴与横轴的垂直度（多齿分度台法）

精确整平经纬仪，以正镜位置瞄准平行光管的十字分划板中心，固定照准部，旋转多齿分度台 180° ，纵转望远镜 180° ，在平行光管的分划板横丝上，读取经纬仪竖丝所在位置的格数 b_1 。

旋转照准部 180° ，以倒镜位置重复上述检定并读取格数 b_2 。

视准轴与横轴的垂直度按式（A.1）计算：

$$c = \frac{1}{4}(b_2 - b_1)t \quad (\text{A.1})$$

式中： t ——平行光管分划板横丝格值，（″）/格。

其结果应符合表 1 要求。

A.2 横轴与竖轴的垂直度

横轴与竖轴的垂直度可用高低点、平低点或平高点法采用经纬仪读数的方法进行检定。

A.2.1 高低点法

按图 2 布置平行光管。

精确整平经纬仪，以正镜位置照准高点平行光管，读取水平度盘读数为 $L_{\text{高}}$ ，旋转望远镜照准低点平行光管，读取水平度盘读数为 $L_{\text{低}}$ ；

旋转照准部 180° ，以倒镜位置重复上述检定并读数为 $R_{\text{高}}$ 、 $R_{\text{低}}$ 。

横轴与竖轴的垂直度按式（A.2）、式（A.3）计算：

$$i = \frac{1}{4}[(L_{\text{高}} - R_{\text{高}}) - (L_{\text{低}} - R_{\text{低}})] \cot \alpha \quad (\text{A.2})$$

$$\alpha = \frac{1}{2}(\alpha_{\text{高}} - \alpha_{\text{低}}) \quad (\text{A.3})$$

式中： $\alpha_{\text{高}}$ 、 $\alpha_{\text{低}}$ ——高点、低点目标竖直角。

这一检定应不少于 3 个测回，取平均值为最后结果。其结果应符合表 1 要求。

A.2.2 平低点或平高点法

将平行光管按图 A.1 布置，高、低两光管相对水平方向的夹角应大于 25° 。

精确整平经纬仪，以正镜位置照准平点平行光管，读取水平度盘读数为 $L_{\text{平}}$ ，旋转望远镜至低点（或高点）照准平行光管，读取水平度盘读数为 $L_{\text{低}}$ （或 $L_{\text{高}}$ ）；

旋转照准部 180° ，以倒镜位置重复上述检定并读数为 $R_{\text{平}}$ 、 $R_{\text{低}}$ （或 $R_{\text{高}}$ ）。

平低点利用式（A.4）进行计算：

$$i = \frac{1}{2}[(L_{\text{平}} - R_{\text{平}}) \sec \alpha_{\text{低}} - (L_{\text{低}} - R_{\text{低}})] \cot \alpha_{\text{低}} \quad (\text{A.4})$$

式中： $\alpha_{\text{低}}$ ——低点平行光管竖直角。

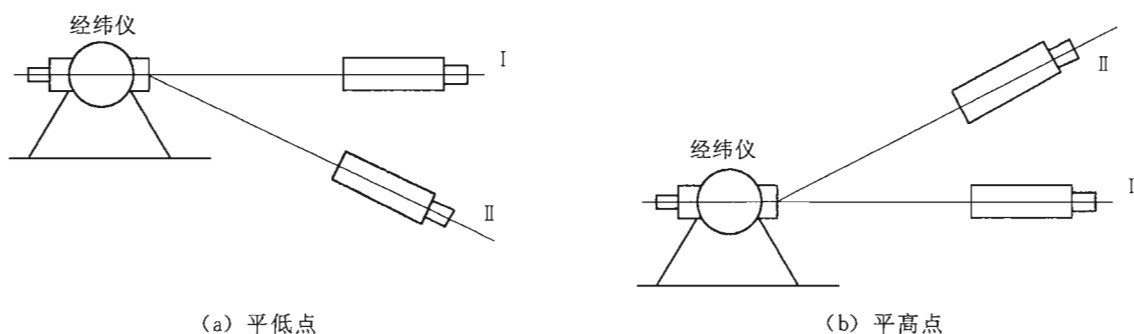


图 A.1 平行光管布置图

平高点利用式 (A.5) 进行计算:

$$i = \frac{1}{2} [(L_{\text{高}} - R_{\text{高}}) - (L_{\text{平}} - R_{\text{平}}) \sec \alpha_{\text{高}}] \cot \alpha_{\text{高}} \quad (\text{A.5})$$

式中: $\alpha_{\text{高}}$ ——高点平行光管竖直角。

这一检定应不少于 3 个测回, 取平均值为最后结果。其结果应符合表 1 要求。

A.3 一测回水平方向标准偏差 (多齿分度台法)

一测回水平方向标准偏差也可用多齿分度台 (391 或 552 齿) 与平行光管组成的装置检定。

测回数及各测回受检点数见表 A.1。

表 A.1 测回数及各测回受检点数

经纬仪等级	DJ ₀₇ , DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆ , DJ ₃₀
测回数	2	1	1
受检点数	23	23	15

检定时, 将被检经纬仪安置在多齿分度台上精确置平, 随机旋转啮合多齿分度台, 经纬仪水准气泡不能偏移一格。观测限差见表 4。

往测时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, 转动照准部对准平行光管目标, 转动度盘变换按钮置水平度盘位于 0° , 顺时针旋转照准部一周, 望远镜照准平行光管目标, 正镜读数。多齿分度台按预先布点逆时针方向旋转到第二位置, 经纬仪照准部以顺时针方向旋转并照准平行光管目标, 正镜读数。然后以同样方法检定 3, 4, ..., n 位置, 最终回到零位。回零读数不参与计算, 回零差超过表 4 规定时需重测该测回。

望远镜翻转 180° , 逆时针方向旋转照准部照准目标, 倒镜读数, 多齿分度台顺时针旋转到第二位置, 经纬仪照准部逆时针旋转照准目标, 依次检定各位置, 最终回到零位。

首先, 计算各方向正镜倒镜读数平均值:

$$x_{ij} = \frac{1}{2} (L_{ij} + R_{ij} \pm 180^\circ) \quad (i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n) \quad (\text{A.6})$$

各方向零起分度误差:

$$v_{ij} = x_{ij} - x_{i1} - \alpha_j \quad (\text{A.7})$$

式中: x_{ij} ——经纬仪各方向读数;

x_{i1} ——经纬仪零方向读数;

α_j ——多齿分度台标准角值。

各方向值残差:

$$\delta_{ij} = v_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (i=1, 2; j=1, 2, \dots, n) \quad (\text{A. 8})$$

按式 (A. 9) 求得一测回水平方向标准偏差:

$$s_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \delta_{ij}^2}{m(n-1)}} \quad (\text{A. 9})$$

式中: m ——测回数;

n ——受检点数。

取零起分度误差 v_{ij} 中最大值和最小值之差为该测回水平方向最大分度间隔误差:

$$\Delta_i = v_{\max} - v_{\min} \quad (\text{A. 10})$$

取各测回水平方向最大分度间隔误差最大值为最后检定结果。

用多齿分度台法检定一测回水平方向标准偏差时, 应给出水平方向最大分度间隔误差。水平方向最大分度间隔误差只给实测数据, 不作判定合格与否依据。

一测回水平方向标准偏差和水平方向最大分度间隔误差检定结果的数据处理见附录 B 表 B. 6, 其结果应符合表 1 要求。

A. 4 一测回竖直角测角标准偏差

一测回竖直角测角标准偏差可以用具有标准角度的竖直角标准装置检定, 检定装置在 $\pm 30^\circ$ 范围内不少于 5 个目标, 每个目标的方向值应为非整数度。各目标与水平方向目标的夹角构成标准夹角 ϕ 。

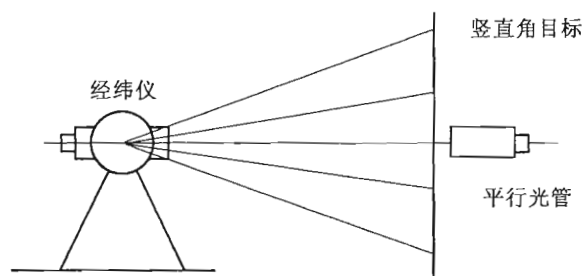


图 A. 2 竖直角标准装置

检定时, 将经纬仪安置在检定台上并精确整平, 依次对各目标进行正镜和倒镜观测, 得天顶距观测值 L_{ij} 和 R_{ij} 。在一测回观测过程中, 竖盘指标差的变化不得超过表 5 规定。

上述操作为一测回, 至少进行两测回。

竖直角 α_{ij} 按式 (A. 11) 求得 (公式的选择见仪器说明书):

$$\alpha_{ij} = \frac{1}{2}(R_{ij} - L_{ij} - 180^\circ) \quad (\text{A. 11})$$

或

$$\alpha_{ij} = L_{ij} - R_{ij} \quad (\text{A. 12})$$

按式 (A. 13) 求得各目标竖直角与夹角的偏差值:

$$d_{ij} = \alpha_{ij} - \phi_j \quad (\text{A. 13})$$

式中: α_{ij} ——各测回各目标竖直角;

ϕ_j ——各目标与水平方向目标夹角标准值。

按式 (A. 14) 求得各测回水平方向目标的竖直角平均值:

$$\alpha_{i0} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (\text{A. 14})$$

计算各点竖直角观测值的残差:

$$v_{ij} = \alpha_{ij} - (\phi_j + \alpha_{i0}) = d_{ij} - \alpha_{i0} \quad (\text{A. 15})$$

按式 (A. 16) 求得一测回竖直角测角标准偏差:

$$s_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij}^2}{m(n-1)}} \quad (\text{A. 16})$$

式中: m ——测回数;

n ——受检目标数。

采用卧轴多齿分度台和单个平行光管组成的竖直角标准装置: 在 $-30^\circ \sim +30^\circ$ 的竖直角范围内, 也可选择多齿分度台上不少于 11 位置进行至少一个测回竖直角测量。

一测回竖直角测角标准偏差检定结果的数据处理见附录 B 表 B. 7, 其结果应符合表 1 要求。

附录 B

检定记录格式实例

表 B.1 照准部旋转正确性

格

照准部位置	水准器气泡两端读数		水准器轴倾斜	水准器气泡两端读数		水准器轴倾斜	水准器气泡两端读数		水准器轴倾斜	水准器气泡两端读数		水准器轴倾斜
	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°	5.0	15.0	20.0	4.8	14.8	19.6	4.8	14.7	19.5	5.0	15.0	20.0
90°	4.8	14.8	19.6	4.7	14.8	19.5	4.8	14.8	19.6	4.9	14.9	19.8
180°	4.9	14.9	19.8	4.8	14.8	19.6	5.1	15.1	20.2	5.2	15.2	20.4
270°	5.2	15.2	20.4	5.0	15.0	20.0	4.9	14.9	19.8	5.0	15.0	20.0

照准部位置	正转对径读数平均值 (格)		反转对径读数平均值 (格)	
	1	2	1	2
0°	19.9	19.6	19.8	20.2
90°	20.0	19.8	19.7	19.9

照准部旋转正确性误差 $20.2 - 19.6 = 0.6$ (格)

表 B.2 望远镜调焦运行误差

	准线点距离 (m)		2	4	10	50	∞
读数	正镜 L_i	往测	0°0'3.0"	0°0'4.0"	0°0'7.0"	0°0'6.2"	0°0'4.0"
		返测	0°0'3.0"	0°0'3.0"	0°0'8.5"	0°0'5.5"	0°0'3.0"
		平均值	0°0'3.0"	0°0'3.5"	0°0'7.8"	0°0'5.8"	0°0'3.5"
	倒镜 R_i	往测	180°0'10.6"	180°0'8.8"	180°0'11.5"	180°0'9.8"	180°0'6.7"
		返测	180°0'9.1"	180°0'10.5"	180°0'9.5"	180°0'9.2"	180°0'6.5"
		平均值	180°0'9.8"	180°0'9.6"	180°0'10.5"	180°0'9.5"	180°0'6.6"
	$C_i = \frac{L_i - R_i \pm 180^\circ}{2}$		-3.4"	-3.0"	-1.6"	-1.8"	-1.5"
	$\Delta C_i = C_\infty - C_i$		1.9"	1.5"	0.1"	0.3"	

最大值 $\Delta C_i = 1.9''$

表 B.3 一测回水平方向标准偏差（多目标法）

测回数	目标	读数値						2C ($''$)	方向値			归零方向値		
		正鏡 L			倒鏡 R				(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)
		(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)							
1	1	0	0	10.2	180	0	14.0	−3.8	0	0	12.1			
	2	45	11	43.8	225	11	49.0	−5.2	45	11	46.4	45	11	34.3
	3	90	49	10.5	270	49	15.8	−5.3	90	49	13.2	90	49	1.0
	4	153	48	51.0	333	48	54.5	−3.5	153	48	52.8	153	48	40.7
	1	0	0	10.2	180	0	13.8	−3.6						
2	1	30	10	20.2	210	10	25.5	−5.3	30	10	22.9			
	2	75	21	55.2	255	22	0.2	−5.0	75	21	57.7	45	11	34.8
	3	120	59	22.6	300	59	27.5	−4.9	120	59	25.0	90	49	2.2
	4	183	59	3.8	3	59	7.9	−4.1	183	59	5.9	153	48	43.0
	1	30	10	20.0	210	10	25.2	−5.2						
3	1	60	20	30.5	240	20	37.2	−6.7	60	20	33.8			
	2	105	32	7.9	285	32	11.5	−3.6	105	32	9.7	45	11	35.9
	3	151	9	33.2	331	9	37.0	−3.8	151	9	35.1	90	49	1.3
	4	214	9	13.0	34	9	18.0	−5.0	214	9	15.5	153	48	41.7
	1	60	20	30.5	240	20	36.5	−6.0						
4	1	90	30	40.8	270	30	46.2	−5.4	90	30	43.5			
	2	135	42	14.8	315	42	20.0	−5.2	135	42	17.4	45	11	33.9
	3	181	19	44.6	1	19	48.7	−4.1	181	19	46.6	90	49	3.1
	4	244	19	24.3	64	19	28.8	−4.5	244	19	26.6	153	48	43.1
	1	90	30	40.5	270	30	46.2	−5.7						
5	1	120	40	50.5	300	40	55.5	−5.0	120	40	53.0			
	2	165	52	27.5	345	52	31.8	−4.3	165	52	29.6	45	11	36.7
	3	211	29	54.2	31	29	58.4	−4.2	211	29	56.3	90	49	3.3
	4	274	29	32.0	94	29	36.5	−4.5	274	29	34.3	153	48	41.3
	1	120	40	50.8	300	40	55.8	−5.0						
6	1	150	50	0.3	330	50	6.0	−5.7	150	50	3.2			
	2	196	1	36.2	16	1	41.5	−5.3	196	1	38.8	45	11	35.7
	3	241	39	2.0	61	39	4.8	−2.8	241	39	3.4	90	49	0.3
	4	304	38	44.6	124	38	48.7	−4.1	304	38	46.6	153	48	43.5
	1	150	50	0.0	330	50	5.8	−5.8						

表 B.4 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				$\sum_{j=2}^4 v_{ij}$	$(\sum_{j=2}^4 v_{ij})^2$
		归零方向值		v_{12}	v_{12}^2	归零方向值		v_{13}	v_{13}^2	归零方向值		v_{14}	v_{14}^2				
		(°) (′) (″)	(°) (′) (″)			(°) (′) (″)	(°) (′) (″)			(°) (′) (″)	(°) (′) (″)						
1	0°00′	0 0 0.0	45 11 34.3	-0.9	0.83	-0.8	0.67	153 48 40.7	-1.5	2.35	-3.3	10.62					
2	30°10′	0.0	34.8	-0.4	0.13	2.2	0.3	0.11	43.0	0.8	0.67	0.8	0.63				
3	60°20′	0.0	35.9	0.6	0.41	1.3	-0.6	0.38	41.7	-0.5	0.28	-0.5	0.26				
4	90°30′	0.0	33.9	-1.3	1.71	3.1	1.3	1.65	43.1	0.9	0.75	0.8	0.71				
5	120°40′	0.0	36.7	1.4	2.08	3.3	1.4	2.05	41.3	-0.9	0.87	1.9	3.77				
6	150°50′	0.0	35.7	0.5	0.24	0.3	-1.6	2.61	43.5	1.3	1.73	0.2	0.04				
		平均值		35.2		1.9			42.2								
		平方和		5.40		7.47			6.66				16.02				

$$\text{一测回水平方向标准偏差 } s_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij}^2 - \sum_{i=1}^m (\sum_{j=1}^n v_{ij})^2 / n}{(m-1)(n-1)}} = \sqrt{\frac{(5.4 + 7.47 + 6.66) - \frac{16.02}{4}}{5 \times 3}} = 1.0''$$

表 B.5 一测回竖直角测角标准偏差 (多目标法)

测回数	目标	天顶距读数						指标差 I ($''$)	竖直角 α			残差 v ($''$)
		正镜 L			倒镜 R				(°)	(′)	(″)	
		(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)					
1	1	58	41	40.8	301	18	26.5	3.7	31	18	22.8	-0.6
	2	74	20	51.2	285	39	17.5	4.3	15	39	13.2	-1.1
	3	89	59	58.5	270	0	12.2	5.3	0	0	6.8	0.0
	4	105	39	8.5	254	21	2.0	5.3	-15	39	3.3	0.3
	5	121	18	15.0	238	41	54.2	4.6	-31	18	10.4	1.0
2	1	58	41	38.6	301	18	27.9	3.3	31	18	24.6	1.2
	2	74	20	48.5	285	39	20.0	4.3	15	39	15.8	1.5
	3	89	59	57.8	270	0	14.5	6.2	0	0	8.3	1.5
	4	105	39	7.8	254	21	1.3	4.6	-15	39	3.3	0.3
	5	121	18	14.6	238	41	56.3	5.4	-31	18	9.1	-0.2
3	1	58	41	38.5	301	18	26.7	2.6	31	18	24.1	0.6
	2	74	20	48.0	285	39	19.5	3.8	15	39	15.8	1.5
	3	89	59	57.6	270	0	10.2	3.9	0	0	6.3	-0.5
	4	105	39	9.5	254	21	2.2	5.8	-15	39	3.7	0.7
	5	121	18	14.2	238	41	57.8	6.0	-31	18	8.2	-1.2
4	1	58	41	41.2	301	18	25.6	3.4	31	18	22.2	-1.2
	2	74	20	52.0	285	39	17.0	4.5	15	39	12.5	-1.8
	3	89	59	59.2	270	0	10.9	5.1	0	0	5.8	-1.0
	4	105	39	7.5	254	21	4.2	5.8	-15	39	1.7	-1.3
	5	121	18	12.9	238	41	53.5	3.2	-31	18	9.7	0.3
平均值	1								31	18	23.4	残差平方和： 21.05
	2								15	39	14.3	
	3								0	0	6.8	
	4								-15	39	3.0	
	5								-31	18	9.4	

一测回竖直角测角标准偏差:
$$s_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij}^2}{n(m-1)}} = \sqrt{\frac{21.05}{5 \times (4-1)}} = 1.2''$$

表 B.6 一测回水平方向标准偏差和水平测角示值误差 (多齿分度台法)

点号	标准角值			读数值						2C ($''$)	方向值			零起分 度误差 v ($''$)	残差 δ ($''$)
				正镜			倒镜								
	($^{\circ}$)	($'$)	($''$)	($^{\circ}$)	($'$)	($''$)	($^{\circ}$)	($'$)	($''$)						
1	0	0	0.0	0	0	0.9	180	0	11.5	-10.6	0	0	6.2	0.0	-2.0
2	15	39	7.8	15	39	10.6	195	39	20.6	-10.0	15	39	15.6	1.6	-0.4
3	31	18	15.7	31	18	17.2	211	18	29.4	-12.2	31	18	23.3	1.4	-0.6
4	46	57	23.5	46	57	24.8	226	57	39.2	-14.4	46	57	32.0	2.3	0.3
5	62	36	31.3	62	36	34.0	242	36	44.5	-10.5	62	36	39.3	1.8	-0.3
6	78	15	39.1	78	15	42.0	258	15	54.6	-12.6	78	15	48.3	3.0	1.0
7	93	54	47.0	93	54	50.3	273	55	0.8	-10.5	93	54	55.5	2.4	0.3
8	109	33	54.8	109	33	59.1	289	34	9.7	-10.6	109	34	4.4	3.4	1.4
9	125	13	2.6	125	13	4.8	305	13	19.6	-14.8	125	13	12.2	3.4	1.4
10	140	52	10.4	140	52	11.8	320	52	24.8	-13.0	140	52	18.3	1.7	-0.3
11	156	31	18.2	156	31	21.1	336	31	31.8	-10.7	156	31	26.4	2.1	0.0
12	172	10	26.0	172	10	27.6	352	10	39.9	-12.3	172	10	33.7	1.6	-0.5
13	187	49	33.9	187	49	37.2	7	49	48.1	-10.9	187	49	42.6	2.5	0.5
14	203	28	41.7	203	28	45.1	23	28	56.3	-11.2	203	28	50.7	2.8	0.8
15	219	7	49.5	219	7	51.4	39	8	2.1	-10.7	219	7	56.7	1.1	-1.0
16	234	46	57.3	234	47	1.1	54	47	10.1	-9.0	234	47	5.6	2.1	0.1
17	250	26	5.2	250	26	7.1	70	26	17.2	-10.1	250	26	12.2	0.8	-1.3
18	266	5	13.0	266	5	14.6	86	5	26.0	-11.4	266	5	20.3	1.1	-0.9
19	281	44	20.8	281	44	24.2	101	44	36.5	-12.3	281	44	30.4	3.3	1.3
20	297	23	28.6	297	23	30.1	117	23	40.8	-10.7	297	23	35.5	0.7	-1.4
21	313	2	36.5	313	2	39.8	133	2	51.5	-11.7	313	2	45.6	2.9	0.9
22	328	41	44.3	328	41	47.2	148	41	57.1	-9.9	328	41	52.1	1.6	-0.4
23	344	20	52.2	344	20	54.9	164	21	7.6	-12.7	344	21	1.3	2.9	0.8
	0	0	0.0	0	0	2.3	180	0	14.9	-12.6	平均值			2.0	
残差平方和: 19.63															

$$\text{一测回水平方向标准偏差: } s_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \delta_{ij}^2}{m(n-1)}} = \sqrt{\frac{19.63}{22}} = 0.9''$$

$$\text{水平方向最大分度间隔误差: } \Delta = v_{\max} - v_{\min} = 3.4 - 0 = 3.4''$$

表 B.7 一测回竖直角测角标准偏差（标准竖直角法）

测回数	目标	天顶距读数						指标差 I ($''$)	竖直角 α			标准夹角			偏差 d ($''$)	残差 v ($''$)
		盘左 L			盘右 R				(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)		
		(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)									
1	1	58	41	42.0	301	18	31.5	6.8	31	18	24.8	31	18	15.7	9.1	2.0
	2	74	20	50.2	285	39	21.9	6.1	15	39	15.8	15	39	7.8	8.0	0.9
	3	89	59	58.5	270	0	10.8	4.7	0	0	6.2	0	0	0.0	6.2	−0.9
	4	105	39	5.5	254	21	4.4	4.9	−15	39	0.5	−15	39	7.8	7.3	0.2
	5	121	18	15.6	238	41	54.2	4.9	−31	18	10.7	−31	18	15.7	5.0	−2.1
	平均值															7.1
2	1	58	41	40.5	301	18	32.0	6.3	31	18	25.8	31	18	15.7	10.1	2.5
	2	74	20	49.8	285	39	22.3	6.1	15	39	16.3	15	39	7.8	8.4	0.9
	3	89	59	57.8	270	0	11.2	4.5	0	0	6.7	0	0	0.0	6.7	−0.9
	4	105	39	5.6	254	21	3.9	4.8	−15	39	0.8	−15	39	7.8	7.0	−0.6
	5	121	18	15.2	238	41	55.2	5.2	−31	18	10.0	−31	18	15.7	5.7	−1.9
	平均值															7.6
残差平方和:															21.60	

一测回竖直角测角标准偏差:
$$s_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{ij}^2}{m(n-1)}} = \sqrt{\frac{21.60}{2 \times (5-1)}} = 1.6''$$

附录 C

检定证书和检定结果通知书内页格式

C.1 检定证书内页格式

检定证书的内页格式应包含检定时环境条件、检定项目、检定结果等。其检定结果见表 C.1。

表 C.1 检定结果

序号	检定项目	检定结果
1	外观及各部件相互作用	
2	水准器轴与竖轴的垂直度	
3	望远镜分划板竖丝的铅垂性	
4	视准轴与横轴的垂直度	
5	横轴与竖轴垂直度	
6	竖盘指标差	
7	光学对中器视轴与竖轴同轴度	
8	竖盘指标自动补偿误差	
9	一测回水平方向标准偏差	
10	一测回竖直角测角标准偏差	

C.2 检定结果通知书内页格式

检定结果通知书应包含以下内容：

- 1) 按照本规程检定不合格的项目名称和检定结果；
- 2) 处理意见和建议。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 计 量 检 定 规 程
光 学 经 纬 仪

JJG 414—2011

国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国质检出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.75 字数 32 千字
2012年3月第一版 2012年3月第一次印刷

*

书号: 155026·J-2665 定价 27.00 元



JJG 414—2011

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107