

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 1152—2018

工业测量型全站仪

Industrial Measurement Total Stations

2018-06-25 发布

2018-09-25 实施

国家市场监督管理总局 发布

工业测量型全站仪检定规程

Verification Regulation of
Industrial Measurement Total Stations

JJG 1152—2018

归口单位：全国几何量长度计量技术委员会测绘仪器分技术
委员会

主要起草单位：中国人民解放军信息工程大学地理空间信息学院
全军测绘仪器检修中心
国家光电测距仪检测中心

参加起草单位：中国人民解放军信息工程大学地理空间信息学院
现代测量与工程测量教研室

本规程委托全国几何量长度计量技术委员会测绘仪器分技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

包 欢（中国人民解放军信息工程大学地理空间信息学院
全军测绘仪器检修中心）

翟清斌（国家光电测距仪检测中心）

付子傲（中国人民解放军信息工程大学地理空间信息学院
全军测绘仪器检修中心）

参加起草人：

薛 英（中国人民解放军信息工程大学地理空间信息学院
全军测绘仪器检修中心）

范百兴（中国人民解放军信息工程大学地理空间信息学院
现代测量与工程测量教研室）

张冠宇（中国人民解放军信息工程大学地理空间信息学院
现代测量与工程测量教研室）

目 录

引言	(Ⅱ)
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	(2)
6 通用技术要求	(2)
7 计量器具控制	(2)
7.1 检定条件	(2)
7.2 检定项目	(3)
7.3 检定方法	(4)
7.4 检定结果的处理	(11)
7.5 检定周期	(11)
附录 A 检定记录及计算范例	(12)
附录 B 检定证书/检定结果通知书内页信息	(20)

引 言

JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成本规程制定的基础性系列规范。

本规程编制中参考了国际上工业测量型全站仪计量领域的一些理论性研究成果，并以实际工业测量型全站仪计量工作中的一些实验数据为基础制定了本规程。

本规程为首次发布。

工业测量型全站仪检定规程

1 范围

本规程适用于工业测量型全站仪的首次检定、后续检定和使用中检查。工业测量型电子经纬仪的检定可参照执行。

2 引用文件

本规程引用下列文件：

JJG 949—2011 经纬仪检定装置

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

以下术语和定义适用于本规程。

3.1 工业测量 industrial measurement

在工业生产和科研各环节中，为产品的设计、制造、安装、放样、检测、质量控制和动态监测中提供目标的形状、尺寸及运动状态等相关的测量。

3.2 球面反射靶标 spherically mounted reflector, SMR

安装在球形外壳中的反射靶标。

3.3 自动目标识别 automatic target recognition, ATR

自动确定目标反射棱镜中心的功能。

3.4 天顶距 zenith distance

从测站点铅垂线向上方向到观测目标的方向线的夹角。

3.5 加常数 additive constant

工业测量型全站仪测得的距离与实际距离之间的常数差值。

4 概述

工业测量型全站仪是一种专用于工业测量的高准确度大尺寸三维坐标测量与定位系统，其标称测角标准偏差一般不大于 $0.5''$ ，标称测距标准偏差一般不大于 $(1\text{ mm} + 1 \times 10^{-6} D)$ (D 为测量距离)，测距最大测程一般不大于 600 m。它主要由光电测距单元、测角单元、微处理器单元及电子记录单元组成，通过测量仪器中心到反射目标之间的距离、角度，以确定目标的三维坐标。其反射目标多为球面反射靶标。工业测量型电子经纬仪不包含测距单元，仅用于角度测量，其标称测角标准偏差一般不大于 $0.5''$ 。

工业测量型全站仪及工业测量型电子经纬仪广泛应用于航空航天、工业制造、安装、检测、高能物理、逆向工程等众多领域。

5 计量性能要求

计量性能要求见表 1。

表 1 计量性能要求

序号	项目	工业测量型全站仪	工业测量型电子经纬仪
1	基座稳定性	2"	
2	视准轴误差	8.0"	6.0"
3	补偿器补偿范围	≥3'	
4	补偿器补偿误差	3.0"	
5	望远镜调焦运行误差	6.0"	4.0"
6	一测回水平方向标准偏差	0.5"	
7	一测回竖直角标准偏差	0.5"	
8	内觇标位置偏差	——	4"
9	测距重复性	0.1 mm	——
10	测距示值误差	0.5 mm	——
11	点对点长度误差	0.5 mm	——
注：“内觇标位置偏差”项目仅用于工业测量型电子经纬仪。			

6 通用技术要求

- 6.1 仪器表面应有清晰的制造厂名或商标、型号、出厂编号、激光等级等标志。
- 6.2 仪器表面应无机械损伤、脱漆和锈蚀等现象；盖板应正确安装，密封良好。
- 6.3 望远镜视场与十字丝成像应清晰；调焦旋钮转动应平稳且无晃动现象；光学部件表面不应有水迹、油迹、灰尘、擦伤、霉点、麻点；镀膜面不应脱膜、腐蚀；胶合处不应有脱胶现象。
- 6.4 各运动机构运转灵活平滑，不应有松动、跳动、抖动、卡滞、啸叫声等现象；垂直微动旋转时，非补偿器原因不应影响水平方向读数；横轴不应有窜动现象；锁紧机构应稳固可靠。
- 6.5 通电自检，各功能应正常；显示屏显示内容应清晰、完整。
- 6.6 数据输出接口及外接电源接口应完好，数据存贮或传输功能正常。
- 6.7 后续检定或使用中检查的仪器，允许有不影响其计量性能的损伤或缺陷。

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 主要计量器具和配套设备

主要计量器具和配套设备及技术要求见表 2。

表 2 主要计量器具和配套设备及技术要求

序号	主要计量器具	技术要求
1	经纬仪检定装置	满足 JJG 949—2011 中第 4 章的规定
2	准线光管	光管内至少有包括 2 m 和无穷远在内的连成一条直线的 5 个目标
3	室内基线场	总长度不小于 24 m；点位个数不少于 4；各基线长度 MPE：±0.1 mm
4	室外基线场	长度范围：50 m～200 m；点位个数不少于 4；各基线长度不小于 50 m，MPE：±0.2 mm
5	3D 基线场	室内空间不小于 10 m×10 m×2.5 m；空间基线不少于 10 条；各基线长度 MPE：±0.1 mm
6	温度计	最小分度值不大于 0.2 ℃
7	气压计	最小分度值不大于 0.5 hPa

7.1.2 环境条件

7.1.2.1 实验室外的检定工作应选择气象条件稳定、大气能见度良好的环境。时间宜在阴天或近地层气温梯度逆转点前后。仪器不应受强磁场、电场、障碍物、反光物、人员穿行等干扰。

7.1.2.2 实验室内的检定工作在常温下进行。

7.2 检定项目

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	外观及功能	+	+	+
2	基座稳定性	+	+	+
3	视准轴误差	+	—	—
4	补偿器补偿范围及误差	+	+	+
5	望远镜调焦运行误差	+	+	—
6	一测回水平方向标准偏差	+	+	—
7	一测回竖直角标准偏差	+	+	—
8	内觇标位置偏差	+	+	+
9	测距重复性	+	+	+
10	测距示值误差	+	+	—

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
11	点对点长度误差	+	+	+
注：表中“+”表示应检项目，“-”表示可不检项目；其中 9～11 项不适用于工业测量型电子经纬仪。				

7.3 检定方法

7.3.1 外观及功能

目视观察和通电开机检查。

7.3.2 检定前设置与校准

7.3.2.1 检定前，仪器设置为精密测量方式，选取正确的反射目标，测角分辨力与测距分辨力分别设为最高，并开启轴系补偿功能。

7.3.2.2 调整水准气泡及电子气泡，校准补偿器零位、视准轴误差、横轴误差、竖盘指标差、自动目标识别视准差及仪器说明书指定的其他特殊项目，存储并记录校准后的内置值。

7.3.3 基座稳定性

在经纬仪检定装置的工作台（下简称工作台）上整平被检仪器，照准平点平行光管目标。顺转照准部一周（转动照准部时速度不宜太快，下同），照准目标并记录水平方向角读数，再顺转一周，照准同一目标并记录水平方向角读数。取二次读数差值的绝对值为顺转一周的测量结果；然后逆转一周，照准目标并记录水平方向角读数，再逆转一周，照准同一目标并记录水平方向角读数，取二次读数差值的绝对值为逆转一周的测量结果。此为一测回，连续测定二个测回，取顺转和逆转四次测量结果的最大值作为检定结果。

检定记录及计算范例见附录 A 表 A.1。

7.3.4 视准轴误差

在工作台上确整平被检仪器，盘左位置照准平行光管的十字丝中心；望远镜纵转 180°，用其十字丝中心照准对径安装的平行光管分划板横丝，读取水平方向观测值 L_{H1} 。转动水平微动螺旋，再使十字丝中心照准平行光管的十字丝中心，读取水平方向观测值 L_{H2} 。

旋转照准部 180°，以盘右位置重复上述检定过程并读取水平方向观测值 R_{H1} 、 R_{H2} 。

视准轴误差 c 按公式（1）计算：

$$c = \frac{1}{4}[(R_{H2} - R_{H1}) - (L_{H2} - L_{H1})]$$

(1)

上述检定为一测回，共进行二测回，取二测回结果的平均值为检定结果。

检定记录及计算范例见附录 A 表 A.2。

7.3.5 补偿器补偿范围及误差

检定时仪器基座脚螺旋安置位置见图 1。

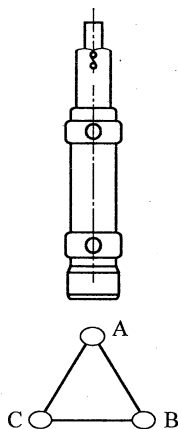


图 1 仪器安置位置示意图

7.3.5.1 补偿器补偿范围

在工作台上精确整平被检仪器，仪器置于盘左位置，使望远镜大致处于水平位置后固定，读取竖轴铅垂时的天顶距读数 L_{v0} 。

顺时针转动脚螺旋 A，使仪器竖轴向后倾斜，至天顶距读数停止变化为止，记下最后一个读数 L_{v1} 。

逆时针转动脚螺旋 A，使仪器竖轴向前倾斜，至天顶距读数停止变化为止，记下最后一个读数 L_{v2} 。

取 $|L_{v1} - L_{v0}|$ 、 $|L_{v2} - L_{v0}|$ 中的较小者作为补偿器补偿范围的检定结果。

7.3.5.2 补偿器纵向补偿误差

在工作台上精确整平被检仪器，盘左位置用望远镜横丝照准水平方向平行光管分刻板横丝，读取竖轴铅垂时的天顶距读数 L_{v0} 。

顺时针转动脚螺旋 A，观察电子气泡或水准气泡读数，使仪器竖轴向后倾斜至接近标称补偿范围处，用垂直微动螺旋使望远镜横丝照准水平方向平行光管横丝，读取天顶距读数 L_{v1} 。

逆时针转动脚螺旋 A，观察电子气泡或水准气泡读数，使仪器竖轴向前倾斜至接近标称补偿范围处，用垂直微动螺旋使望远镜横丝照准水平方向平行光管横丝，读取天顶距读数 L_{v2} 。

顺时针转动脚螺旋 A，观察电子气泡或水准气泡读数，使仪器竖轴重新回复铅垂位置，用垂直微动螺旋使望远镜横丝照准水平方向平行光管横丝，读取天顶距读数 L_{v3} 。

令 $\Delta_1 = |L_{v1} - L_{v0}|$ ， $\Delta_2 = |L_{v2} - L_{v0}|$ ， $\Delta_3 = |L_{v3} - L_{v0}|$ ，取 Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 中最大者作为补偿器纵向补偿误差的检定结果。

7.3.5.3 补偿器横向补偿误差

a) 在工作台上精确整平被检仪器，仪器置于盘左位置。

b) 用望远镜竖丝照准水平方向平行光管竖丝，读取水平方向观测值 L_{H0} 。向下旋转望远镜，用望远镜竖丝照准位于水平方向下方约 30° 的平行光管（也可使用位于水平方向上方约 30° 的平行光管）竖丝，读取水平方向观测值 L_{H1} ，得到仪器竖轴铅垂时两

光管之间的水平角 $\alpha_0 = |L_{H1} - L_{H0}|$ 。

c) 同时向外转动脚螺旋 B、C，观察电子气泡或水准气泡读数，使仪器竖轴向左倾斜至接近标称补偿范围处。重复 b) 的操作，得到左倾时两光管之间的水平角 α_1 。

d) 同时向内转动脚螺旋 B、C，观察电子气泡或水准气泡读数，使仪器竖轴向右倾斜至接近标称补偿范围处。重复 b) 的操作，得到右倾时两光管之间的水平角 α_2 。

e) 同时向外转动脚螺旋 B、C，观察电子气泡或水准气泡读数，使仪器竖轴重新回复铅垂位置。重复 b) 的操作，得到竖轴再次铅垂时两光管之间的水平角 α_3 。

令 $\Delta_1 = |\alpha_1 - \alpha_0|$ ， $\Delta_2 = |\alpha_2 - \alpha_0|$ ， $\Delta_3 = |\alpha_3 - \alpha_0|$ ，取 Δ_1 、 Δ_2 、 Δ_3 中最大者作为补偿器横向补偿误差的检定结果。

检定记录及计算范例见附录 A 表 A.3。

7.3.6 望远镜调焦运行误差

将被检仪器安置在升降台上，使其与前方设置的准线光管大致等高。

首先调整望远镜焦距，照准准线光管内无穷远处目标，然后再调整望远镜焦距使准线光管内 2 m 处目标清晰。调整准线光管螺丝或升降被检仪器，使望远镜十字丝中心与准线光管十字丝中心重合。再次调整望远镜焦距至无穷远处，观察目标有无明显偏离。如有，重复上述过程，直至准线光管的基准线与望远镜视准轴重合。

仪器置于盘左位置。转动调焦筒和微动螺旋，从 2 m 处开始，对 2 m 处和无穷远之间的目标逐个照准，读取每个目标水平方向和天顶距各 2 次，分别取平均值为 L_{Hi} 、 L_{Vi} ；望远镜纵转 180° ，旋转照准部，于盘右位置重复上述操作，依次取平均值为 R_{Hi} 、 R_{Vi} 。其中下标 i 为 2 m 处至无穷远目标编号。

按公式 (2) 分别计算各目标的视准轴误差 c_i 和指标差 I_i ：

$$\left. \begin{aligned} c_i &= \frac{1}{2}[(L_{Hi} - R_{Hi}) \pm 180^\circ] \\ I_i &= \frac{1}{2}(L_{Vi} + R_{Vi} - 360^\circ) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

则各目标与无穷远处目标的视准轴误差、指标差变化的绝对值分别为：

$$\left. \begin{aligned} \Delta c_i &= |c_\infty - c_i| \\ \Delta I_i &= |I_\infty - I_i| \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

式中：

Δc_i ——各目标与无穷远处目标的视准轴误差变化的绝对值，(″)；

ΔI_i ——各目标与无穷远处目标的指标差变化的绝对值，(″)；

c_∞ ——无穷远处目标的视准轴误差，(″)；

c_i ——各目标的视准轴误差，(″)；

I_∞ ——无穷远处目标的指标差，(″)；

I_i ——各目标的指标差，(″)；

i ——2 m 处至无穷远处目标的编号 ($i=1, 2, 3, 4, 5$)。

此为一测回，共观测二测回。取二测回各目标 Δc_i 、 ΔI_i 的平均值中的较大者作为检定结果。

检定记录及计算范例见附录 A 表 A.4。

7.3.7 一测回水平方向标准偏差

工作台应安装有分配度盘的装置。工作台水平方向的圆周上, 设置至少四根平行光管。

使用全圆方向法进行检定。仪器望远镜调焦到合适位置, 使其能清晰地看到各个平行光管无穷远处分划板十字丝影像。

在工作台上精确整平被检仪器, 盘左位置照准平行光管十字丝, 照准部顺时针旋转一周后, 分别二次照准目标 1, 读取水平方向值, 取其平均值为 L_{11} 。依次照准目标 2, 3, 4, 每个目标分别二次读取水平方向值, 取平均值为 L_{ij} , 其中下标 i 为测回序号, j 为目标序号。最后再分别二次照准起始目标 1 后读数, 取其平均值 (该值仅用于检核, 不参与一测回水平方向标准偏差的计算), 并与 L_{11} 求差, 得到半测回归零差。

望远镜纵转 180° , 逆时针旋转照准部一周后, 盘右位置依次照准目标 1, 4, 3, 2, 1 分别二次读取水平方向值, 取平均值为 R_{ij} 。

上述操作作为一个测回, 共观测八个测回。每个测回开始时, 顺时针转动安装在仪器下方的度盘分配装置 (如多齿分度台) 大约 22.5° , 以重新分配度盘, 然后重复第一测回的观测。

若某个半测回归零差的绝对值大于 $2.0''$, 则重测这一整个测回; 若某个测回各目标的二倍视准轴误差的互差大于 $4.0''$, 则重测超限方向, 并同时联测归零方向。

按公式 (4) 计算各测回各目标的水平方向值 r_{ij} :

$$r_{ij} = \frac{1}{2}(L_{ij} + R_{ij} \pm 180^\circ) \quad (4)$$

注: 公式 (4) 中, 当 $L_{ij} < 180^\circ$ 时, 取 “+” 号; 当 $L_{ij} \geq 180^\circ$ 时, 取 “-” 号。

观测值应相对目标 1 归零, 按公式 (5) 将各目标的水平方向值 r_{ij} 化归为同一起始方向:

$$r'_{ij} = r_{ij} - r_{i1} \quad (5)$$

则各目标归零后的方向值与其八个测回平均值之差 ν_{ij} 为:

$$\nu_{ij} = r'_{ij} - \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 r'_{ij} \quad (6)$$

一测回水平方向标准偏差 μ_H 按公式 (7) 计算:

$$\mu_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=2}^n \nu_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^8 \left(\sum_{j=2}^n \nu_{ij} \right)^2}{7(n-1)}} \quad (7)$$

以上四个公式中:

i ——测回序号 ($i=1, 2, \dots, 8$);

j ——目标序号 (本例中 $j=2, 3, 4$);

n ——目标数 (本例中 $n=4$)。

检定记录及计算范例见附录 A 表 A.5、表 A.6。

7.3.8 一测回竖直角标准偏差

工作台前方的垂直方向上，布设五根平行光管，中间的一根可与水平方向布设的平行光管共用（见图 2）。

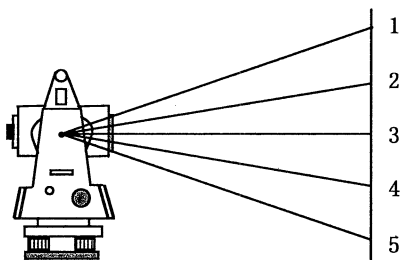


图 2 垂直角检定装置示意图

在工作台上精确整平被检仪器，盘左位置自上而下依次照准五个目标，读取天顶距读数。每个目标读数二次，记录平均值；以同样的方法在盘右位置自下而上依次照准各目标，读取天顶距读数二次，记录平均值。

以上为一个测回，共观测八个测回。

各目标的天顶距 z_{ij} 按公式 (8) 计算：

$$z_{ij} = \frac{1}{2}(L_{ij} - R_{ij} + 360^\circ) \quad (8)$$

式中：

L_{ij} ——第 i 测回第 j 个目标盘左位置的天顶距读数；

R_{ij} ——第 i 测回第 j 个目标盘右位置的天顶距读数。

若某个测回各个目标的竖盘指标差互差的绝对值大于 $4.0''$ 或者某个目标在各测回间的天顶距互差的绝对值大于 $2.0''$ ，则重测超限方向或者重测超限测回。

第 j 个目标八个测回的天顶距平均值 $\bar{z}_j$ 按公式 (9) 计算：

$$\bar{z}_j = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 z_{ij} \quad (9)$$

则同一目标各测回观测值与平均值之差 ν_{ij} 为：

$$\nu_{ij} = z_{ij} - \bar{z}_j \quad (10)$$

一测回竖直角标准偏差 μ_v 按公式 (11) 计算：

$$\mu_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 \nu_{ij}^2}{35}} \quad (11)$$

式中：

i ——测回序号 ($i=1, 2, \dots, 8$)；

j ——目标序号 ($j=1, 2, 3, 4, 5$)。

检定记录及计算范例见附录 A 表 A.7、表 A.8。

7.3.9 内觇标位置偏差

该项目仅适用于工业测量型电子经纬仪。

在相距 $2\text{ m} \sim 5\text{ m}$ 处基本同高的两个观测墩上，分别安置两台仪器，一台为被检工

业测量型电子经纬仪，其内觇标垂直于视准线；一台为陪检仪器，可为经检定合格的准确度等级为Ⅰ级的全站仪或电子经纬仪，角度分辨力为 $0.1''$ 。

两台仪器精确整平后，在盘左位置互相瞄准，使视准线基本重合。陪检仪器调焦至被检工业测量型电子经纬仪的内觇标清晰，照准内觇标的中心二次，分别读取水平方向和天顶距读数，取平均值分别为 L_H 和 L_V 。

将被检工业测量型电子经纬仪换至盘右位置，重复上述观测，分别得到 R_H 和 R_V 。

则内觇标位置横向偏差 ΔH 为：

$$\Delta H = |L_H - R_H| \quad (12)$$

内觇标位置纵向偏差 ΔV 为：

$$\Delta V = |L_V - R_V| \quad (13)$$

上述检定为一测回，共观测二测回，取二测回位置偏差的平均值作为横向和纵向的检定结果。

检定记录及计算范例见附录 A 表 A.9。

7.3.10 测距重复性

在室内长度约 30 m 的距离两端安置仪器与球面反射靶标。被检仪器启动单次精测模式，照准球面反射靶标后，进行 30 次距离测量。

按公式 (14) 计算测距重复性 m_r ：

$$m_r = \sqrt{\frac{1}{29} \sum_{i=1}^{30} (D_i - \bar{D})^2} \quad (14)$$

式中：

D_i ——第 i ($i=1, 2, \dots, 30$) 次距离观测值，m；

$\bar{D}$ ——30 次距离测量的平均值，m。

检定记录及计算范例见附录 A 表 A.10。

7.3.11 测距示值误差

7.3.11.1 计算加常数

采用“三段比较法”计算，室内基线场组合后的距离应均匀分布在基线的总长度之内（见图 3）。

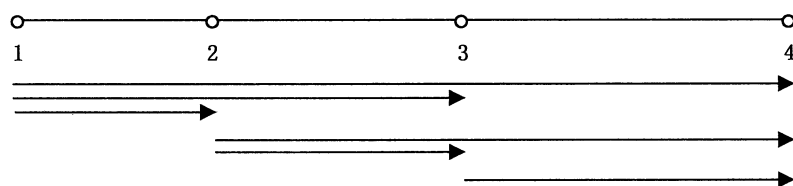


图 3 三段比较法计算加常数示意图

将四个基座分别安置在各点处精确调平，整个测量过程中基座保持不动。测量时应测定测线的温度、气压等数据并置入仪器。各基线段上的观测均应不少于三次照准和读数，取其平均值作为被检仪器观测值 D_i 。

加常数 K 按公式 (15) 计算：

$$K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\tilde{D}_i - D_i) \quad (15)$$

式中：

$\tilde{D}_i$ ——基线值，m；

D_i ——经气象改正后的距离观测值，m；

n ——使用的组合基线边数， $i=1, 2, \dots, n$ 。

计算范例见附录 A 表 A. 11。

7.3.11.2 计算测距示值误差

在室外基线场选择三条基线，每条基线两端分别安置被检仪器与球面反射靶标。测量时应测定测线的温度、气压等数据并与 7.3.11.1 得到的加常数一起置入被检仪器。启动单次精测模式，分别进行 10 次距离测量，取其平均值为 $\bar{D}_i$ ($i=1, 2, 3$)，分别与基线值 $\tilde{D}_i$ 进行比较，按公式 (16) 计算测距示值误差的绝对值 Δ_i ：

$$\Delta_i = |\bar{D}_i - \tilde{D}_i| \quad (16)$$

取 Δ_i 中的最大者作为检定结果。

检定记录及计算范例见附录 A 表 A. 12。

7.3.12 点对点长度误差

检定时仅使用同一个球面反射靶标作为反射目标。

在室内 3D 坐标场均匀布设 m ($m \geq 6$) 个靶座，其中两个靠近地面，两个与仪器大致等高，两个在仪器的二倍高度处。各个靶座的布设应稳定。仪器安置位置对 m 个靶座测量的垂直角应在 $\pm 45^\circ$ 以内，测量距离不小于仪器最小测量范围。仪器和靶座点布设见图 4。

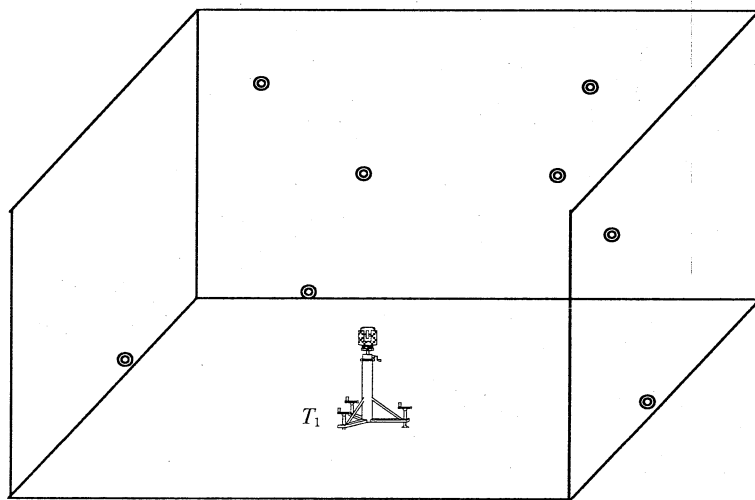


图 4 点对点长度误差检定示意图

将仪器安置在室内位置 T_1 ，将球面反射靶标依次放在第 i ($i=1, 2, \dots, m$) 个靶座上，仪器分别在盘左、盘右位置各测量三次第 i 个靶座点的三维坐标值，取其平均值为 (x_i, y_i, z_i) 。

将靶座位置两两组合，构成空间基线。各空间基线的距离值 D_{ij} 按公式 (17) 计算：

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2} \quad (17)$$

式中:

(x_i, y_i, z_i) ——第 i 个靶座点的三维坐标值, $i=1, 2, \dots, m-1$;

(x_j, y_j, z_j) ——第 j 个靶座点的三维坐标值, $j=2, 3, \dots, m$ 。

点对点长度误差 Δ_{ij} 按公式 (18) 计算:

$$\Delta_{ij} = |D_{ij} - \tilde{D}_{ij}| \quad (18)$$

式中:

D_{ij} ——第 i 个靶座点到第 j 个靶座点的计算距离值, mm;

$\tilde{D}_{ij}$ ——第 i 个靶座点到第 j 个靶座点的空间基线参考长度, mm。

取 Δ_{ij} 中的最大者作为检定结果。

检定记录及计算范例见附录 A 表 A.13。

也可以采用放置在空间不同位置的准确度相当的两端安装有靶座的因瓦或碳纤维尺作为空间基线参考长度。

7.4 检定结果的处理

经检定符合本规程要求的工业测量型全站仪及工业测量型电子经纬仪填发检定证书; 不符合本规程要求的, 发给检定结果通知书, 并注明不合格项目。检定证书和检定结果通知书内页信息见附录 B。

7.5 检定周期

工业测量型全站仪及工业测量型电子经纬仪的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

检定记录及计算范例

表 A.1 基座稳定性

测回	项 目	水平方向读数 (")	二周读数差的绝对值 (")
1	顺转一周照准目标读数	58.1	0.2
	再顺转一周照准目标读数	57.9	
	逆转一周照准目标读数	58.2	0.1
	再逆转一周照准目标读数	58.3	
2	顺转一周照准目标读数	58.3	0.3
	再顺转一周照准目标读数	58.6	
	逆转一周照准目标读数	58.5	0.2
	再逆转一周照准目标读数	58.7	
检定结果：0.3"			

表 A.2 视准轴误差

测回	盘左位置	读数			盘右位置	读数		
		(°)	(′)	(″)		(°)	(′)	(″)
1	对径光管交点 L_{H1}	359	59	55.0	对径光管交点 R_{H1}	0	00	01.5
	对径光管中心 L_{H2}	0	00	09.2	对径光管中心 R_{H2}	0	00	08.9
	$c = -1.7''$							
2	对径光管交点 L_{H1}	359	59	55.4	对径光管交点 R_{H1}	0	00	00.2
	对径光管中心 L_{H2}	0	00	11.0	对径光管中心 R_{H2}	0	00	07.8
	$c = -2.0''$							
检定结果： $-1.85''$								

表 A.3 补偿器补偿范围及误差

项目	仪器状态	读数			计算
		($^{\circ}$)	($'$)	($''$)	
补偿范围	竖轴铅垂 L_{V0}	89	59	58.0	$ L_{V1} - L_{V0} : 4'10.6''$
	后倾 L_{V1}	89	55	47.4	$ L_{V2} - L_{V0} : 4'1.8''$
	前倾 L_{V2}	90	03	59.8	检定结果：4'1.8 $''$

表 A.3 (续)

项目	仪器状态		读数			计算
			(°)	(′)	(″)	
纵向补偿误差	竖轴铅垂 L_{V0}		89	59	58.0	$ L_{V1}-L_{V0} : 0.6''$
	上倾 L_{V1}		89	59	57.4	$ L_{V2}-L_{V0} : 0.8''$
	下倾 L_{V2}		89	59	58.8	$ L_{V3}-L_{V0} : 0.4''$
	再水平 L_{V3}		89	59	58.4	检定结果: $0.8''$
横向补偿误差	竖轴铅垂 α_0	平点光管 L_{H0}	359	58	57.3	$\alpha_0: 0.3''$
		低点光管 L_{H1}	359	58	57.0	$\alpha_1: 1.7''$
	左倾 α_1	平点光管 L_{H0}	359	58	55.9	$\alpha_2: 2.2''$
		低点光管 L_{H1}	359	58	57.6	$\alpha_3: 1.2''$
	右倾 α_2	平点光管 L_{H0}	359	58	56.5	$ \alpha_1-\alpha_0 : 1.4''$
		低点光管 L_{H1}	359	58	58.7	$ \alpha_2-\alpha_0 : 1.9''$
	再水平 α_3	平点光管 L_{H0}	359	58	57.2	$ \alpha_3-\alpha_0 : 0.9''$
		低点光管 L_{H1}	359	58	58.4	检定结果: $1.9''$

表 A.4 望远镜调焦运行误差

测回	度盘	位置		目标														
				2 m			4 m			10 m			50 m			∞		
				(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)
1	水平方向	盘左	读数 1	10	34	43.9	10	34	12.4	10	33	47.0	10	33	32.4	10	33	22.6
			读数 2	43.5			12.4			47.2			33.0			23.2		
			均值	10	34	43.7	10	34	12.4	10	33	47.1	10	33	32.7	10	33	22.9
		盘右	读数 1	190	34	47.8	190	34	14.0	190	33	51.7	190	33	33.6	190	33	24.4
			读数 2	47.2			14.8			50.7			34.0			24.4		
			均值	190	34	47.5	190	34	14.4	190	33	51.2	190	33	33.8	190	33	24.4
		c		-1.9			-1.0			-2.0			-0.6			-0.8		
		Δc		1.1			0.2			1.2			0.2			——		
	天顶距	盘左	读数 1	90	16	17.2	90	11	06.0	90	06	36.4	90	03	51.5	90	02	17.0
			读数 2	18.4			06.2			36.4			51.9			17.4		
			均值	90	16	17.8	90	11	06.1	90	06	36.4	90	03	51.7	90	02	17.2
		盘右	读数 1	269	43	32.4	269	48	46.5	269	53	21.6	269	56	03.6	269	57	38.1
			读数 2	32.0			45.7			22.0			04.2			38.3		
			均值	269	43	32.2	269	48	46.1	269	53	21.8	269	56	03.9	269	57	38.2
		I		-5.0			-3.9			-0.9			-2.2			-2.3		
		ΔI		2.7			1.6			1.4			0.1			——		

表 A.4 (续)

测回	度盘	位置		目标														
				2 m			4 m			10 m			50 m			∞		
				(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)	(°)	(′)	(″)
2	水平方向	盘左	读数 1	10	34	18.2	10	34	04.4	10	33	47.9	10	33	42.0	10	33	34.4
			读数 2			17.8			04.2			47.3			42.4			35.2
			均值	10	34	18.0	10	34	04.3	10	33	47.6	10	33	42.2	10	33	34.8
		盘右	读数 1	190	34	13.7	190	34	02.2	190	33	46.0	190	33	39.5	190	33	35.6
			读数 2			14.3			02.0			46.4			38.5			35.2
			均值	190	34	14.0	190	34	02.1	190	33	46.2	190	33	39.0	190	33	35.4
		c				2.0			1.1			0.7			1.6			−0.3
		Δc				2.3			1.4			1.0			1.9			——
	天顶距	盘左	读数 1	90	16	16.3	90	11	24.0	90	06	52.1	90	03	19.9	90	02	28.3
			读数 2			16.5			24.6			52.7			19.9			27.7
			均值	90	16	16.4	90	11	24.3	90	06	52.4	90	03	19.9	90	02	28.0
		盘右	读数 1	269	43	40.5	269	48	38.0	269	53	06.8	269	56	40.7	269	57	31.3
			读数 2			39.9			38.2			06.0			39.9			31.9
			均值	269	43	40.2	269	48	38.1	269	53	06.4	269	56	40.3	269	57	31.6
		I				−1.7			1.2			−0.6			0.1			−0.2
		ΔI				1.5			1.0			0.4			0.3			——
	检定结果：2.1″																	

表 A.5 一测回水平方向标准偏差检定记录

目标	第 1 测回								2c	方向值		
	盘左				盘右					(°)	(′)	(″)
	(°)	(′)	(″)	(″)	(°)	(′)	(″)	(″)				
1	0	01	05.2	05.10	180	01	04.4	04.00	1.10	0	00	00.00
			05.0				03.6					
2	30	16	11.9	11.50	210	16	09.5	09.45	2.05	30	15	05.92
			11.1				09.4					
3	61	05	29.3	29.35	241	05	27.8	27.70	1.65	61	04	23.97
			29.4				27.9					
4	90	43	01.8	01.80	270	42	59.1	59.30	2.50	90	41	56.00
			01.8				59.5					
1	0	01	05.8	05.85	180	01	04.2	04.15	1.7			
			05.9				04.1					
半测回归零差：Δ _左 = 0.75″					半测回归零差：Δ _右 = 0.15″				各目标 2c 互差：1.40″			
注：本表略去了后面的各测回。												

表 A.6 一测回水平方向标准偏差计算范例

测回	目标 1	目标 2			目标 3			目标 4			Σν	(Σν) ²
	角度值	角度值			角度值	ν	角度值	ν	角度值	ν		
	(°) (′) (″)	(°) (′) (″)	(″)	(″)	(°) (′) (″)	(″)	(°) (′) (″)	(″)	(°) (′) (″)	(″)		
1	0 00 00.0	30 15 05.92	0.68		61 04 23.97	0.29	90 41 56.00	0.47			1.44	2.07
2		04.87	−0.38		23.99	0.31	55.87	0.34			0.27	0.07
3		05.38	0.14		23.56	−0.13	55.36	−0.17			−0.16	0.02
4		05.34	0.10		24.11	0.43	55.89	0.36			0.88	0.78
5		05.56	0.32		23.91	0.23	55.51	−0.02			0.52	0.27
6		04.98	−0.27		23.33	−0.36	55.43	−0.10			−0.72	0.51
7		05.06	−0.19		23.32	−0.37	55.24	−0.29			−0.84	0.70
8		04.85	−0.40		23.29	−0.40	54.92	−0.61			−1.40	1.95
检定结果：$\mu_H = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=2}^n \nu_{ij}^2 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^8 (\sum_{j=2}^n \nu_{ij})^2}{7(n-1)}} = \sqrt{\frac{2.78 - \frac{6.37}{4}}{21}} = 0.24''$												

表 A.7 一测回竖直角标准偏差检定记录

目标	第 1 测回								指标差	天顶距		
	盘左				盘右							
	(°)	(′)	(″)	(″)	(°)	(′)	(″)	(″)	(″)	(°)	(′)	(″)
1	59	53	29.6	29.30	300	06	30.1	29.80	−0.45	59	53	29.75
			29.0				29.5					
2	74	26	53.3	53.20	285	33	05.4	05.35	−0.72	74	26	53.92
			53.1				05.3					
3	89	59	59.1	58.95	269	59	00.0	59.95	−0.55	89	59	59.50
			58.8				59.9					
4	106	11	25.7	25.90	253	48	32.7	32.65	−0.72	106	11	26.62
			26.1				32.6					
5	119	58	34.8	34.85	240	01	24.7	24.50	−0.32	119	58	35.17
			34.9				24.3					
各目标竖盘指标差互差：0.40″												
注：本表略去了后面的各测回。												

表 A.8 一测回竖直角标准偏差计算范例

测回	照准标 1		照准标 2		照准标 3		照准标 4		照准标 5	
	角度值	ν	角度值	ν	角度值	ν	角度值	ν	角度值	ν
	(°) (′) (″)	(″)	(°) (′) (″)	(″)	(°) (′) (″)	(″)	(°) (′) (″)	(″)	(°) (′) (″)	(″)
1	59 53 29.75	0.24	74 26 53.92	−0.16	89 59 59.50	0.30	106 11 26.62	0.0	119 58 35.17	0.42
2	29.43	−0.08	54.00	−0.08	59.15	−0.05	26.58	−0.04	34.93	0.18
3	29.38	−0.13	54.10	0.02	59.25	0.05	26.48	−0.14	34.78	0.03
4	29.48	−0.03	53.98	−0.10	59.05	−0.15	26.78	0.16	34.83	0.08
5	29.40	−0.11	54.25	0.17	59.05	−0.15	26.63	0.01	34.58	−0.17
6	29.58	0.07	54.23	0.15	59.03	−0.17	26.60	−0.02	34.28	−0.47
7	29.63	0.12	53.95	−0.13	59.25	0.05	26.53	−0.09	34.83	0.08
8	29.43	−0.08	54.20	0.12	59.35	0.15	26.75	0.13	34.63	−0.12
均	29.51		54.08		59.20		26.62		34.75	
检定结果：$\mu_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^5 \nu_{ij}^2}{35}} = \sqrt{\frac{1.00}{35}} = 0.17''$										

表 A.9 内觇标位置偏差

位置	第 1 测回				第 2 测回			
	(°)	(′)	(″)	(″)	(°)	(′)	(″)	(″)
盘左 L_H	0	00	05.8	05.6	0	00	05.3	04.9
			05.4				04.5	
盘右 R_H	0	00	03.0	02.8	0	00	02.2	02.6
			02.6				03.0	
ΔH	2.8″				2.3″			
盘左 L_v	90	01	34.0	34.2	90	01	36.4	36.0
			34.4				35.6	
盘右 R_v	90	01	34.0	33.6	90	01	34.8	35.0
			33.2				35.2	
ΔV	0.6″				1.0″			
内觇标横向偏差： $\Delta H=2.6''$					内觇标纵向偏差： $\Delta V=0.8''$			

表 A.10 测距重复性

序号	读数 D_i m	差值 mm	序号	读数 D_i m	差值 mm	序号	读数 D_i m	差值 mm
1	19.430 1	0.03	11	19.430 1	0.03	21	19.430 0	−0.07
2	19.430 1	0.03	12	19.430 0	−0.07	22	19.430 1	0.03
3	19.430 1	0.03	13	19.430 1	0.03	23	19.430 1	0.03
4	19.430 1	0.03	14	19.430 1	0.03	24	19.430 1	0.03
5	19.430 1	0.03	15	19.430 1	0.03	25	19.430 1	0.03
6	19.430 1	0.03	16	19.430 2	0.13	26	19.430 0	−0.07
7	19.430 1	0.03	17	19.430 1	0.03	27	19.430 0	−0.07
8	19.430 0	−0.07	18	19.430 1	0.03	28	19.429 8	−0.27
9	19.430 1	0.03	19	19.430 1	0.03	29	19.430 0	−0.07
10	19.430 1	0.03	20	19.430 0	−0.07	30	19.430 1	0.03
平均值 $\bar{D}$		19.430 07 m						
检定结果: $m_r = \sqrt{\frac{1}{29} \sum_{i=1}^{30} (D_i - \bar{D})^2} = 0.07 \text{ mm}$								

表 A.11 加常数

序号	边号	基线值 $\tilde{D}_i$ m	观测值 D_i m	$\tilde{D}_i - D_i$ mm
1	L_{1-2}	2.841 662	2.841 0	0.66
2	L_{1-3}	6.944 107	6.943 2	0.91
3	L_{1-4}	19.431 017	19.430 1	0.92
4	L_{2-3}	4.102 536	4.102 1	0.44
5	L_{2-4}	16.590 089	16.589 0	1.09
6	L_{3-4}	12.487 553	12.486 6	0.95
计算结果: $K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\tilde{D}_i - D_i) = 0.83 \text{ mm}$				

表 A.12 测距示值误差

序号	基线值 $\widetilde{D}_i$ m	观测值 D m	平均值 $\overline{D}_i$ m	差值 $\Delta_i = \overline{D}_i - \widetilde{D}_i $ mm
1	72.065 616	72.065 5	72.065 47	0.15
		72.065 5		
		72.065 2		
		72.065 4		
		72.065 7		
		72.065 5		
		72.065 6		
		72.065 5		
		72.065 4		
		72.065 4		
2	158.901 708	158.901 5	158.901 49	0.22
		158.901 5		
		158.901 5		
		158.901 5		
		158.901 4		
		158.901 6		
		158.901 4		
		158.901 6		
		158.901 4		
		158.901 5		
3	195.520 141	195.519 9	195.519 87	0.27
		195.519 9		
		195.519 9		
		195.519 9		
		195.519 8		
		195.519 8		
		195.519 9		
		195.519 8		
		195.519 9		
		195.519 9		
检定结果：0.27 mm				

表 A.13 点对点长度误差 单位为 mm

序号	靶座点 i	靶座点 j	D_{ij}	$\tilde{D}_{ij}$	$\Delta_{ij} = D_{ji} - \tilde{D}_{ij} $
1	1	2	1 447.62	1 447.57	0.05
2	1	3	3 303.88	3 303.96	0.08
3	1	4	2 999.52	2 999.45	0.07
4	1	5	3 316.96	3 316.85	0.11
5	1	6	10 394.64	10 394.52	0.12
6	2	3	4 138.32	4 138.25	0.07
7	2	4	3 342.54	3 342.42	0.12
8	2	5	2 991.35	2 991.44	0.09
9	2	6	10 689.31	10 689.09	0.22
10	3	4	1 393.68	1 393.71	0.03
11	3	5	2 854.40	2 854.48	0.08
12	3	6	9 764.10	9 764.01	0.09
13	4	5	1 460.88	1 460.81	0.07
14	4	6	9 871.97	9 871.81	0.16
15	5	6	10 175.66	10 175.52	0.14
检定结果：0.22 mm					

附录 B

检定证书/检定结果通知书内页信息

检定证书/检定结果通知书内页应包含以下信息：

- B.1 检定证书/检定结果通知书编号
- B.2 检定所用的计量标准信息
 - B.2.1 计量标准名称
 - B.2.2 测量范围
 - B.2.3 不确定度/准确度等级/最大允许误差
 - B.2.4 证书编号
 - B.2.5 检定证书有效期
- B.3 检定条件
 - B.3.1 环境条件：温度、相对湿度等
 - B.3.2 检定地点
- B.4 被检项目及检定结果
- B.5 检定不合格项目（只适用于检定结果通知书内页格式）
- B.6 页码
- B.7 其他附加说明

以上信息，除 B.7 条为可选择项，其余均为必备项。
