



中华人民共和国国家标准

GB/T 27663—XXXX
代替 GB/T 27663-2011

全站仪

Total Station

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 等级及基本参数	2
5 要求	3
6 试验方法	10
7 检验规则	36
8 标志、包装、运输和贮存	37
参 考 文 献	44

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T 27663-2011《全站仪》。与GB/T 27663-2011相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了规范性引用文件（见第3章、5.3.10、5.3.11.7、5.3.12.1、5.3.12.2、6.55、6.62、6.63、6.64）；
- 增加了术语和定义（见第3章）；
- 更改了全站仪的等级分类（见第4章，见2011年版的第3章）；
- 更改了测角部分的仪器等级分类（见5.1，见2011年版的4.1）；
- 增加了通用性要求的数据接口、电源环保、环境测试中的湿热严酷等级、电磁兼容、外壳防护能力的要求（见5.3.7、5.3.8、5.3.10~5.3.12）；
- 增加了自动化部分的要求（见5.4）；
- 增加了激光下对点自动量高的要求（见5.5）；
- 更改了平行光管的焦距要求（见6.2.1，见2011年版的5.2.1）；
- 增加了试验方法（见6.29、6.30、6.32~6.42）；
- 更改了检验规则（见第7章，见2011年版的第6章）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件标准由全国光学和光子学标准化技术委员会（SAC/TC103）归口。

本文件起草单位：苏州一光仪器有限公司、宁波市计量测试研究院（宁波新材料检验检测中心）、广州南方测绘科技股份有限公司、上海理工大学、厦门海洋职业技术学院、上海光学仪器研究所、宁波永新光学股份有限公司、南京江南永新光学有限公司、宁波纽迪威光电科技有限公司、长春理工大学、河南省计量测试科学研究院、长春工业大学、常州市新瑞得仪器有限公司、浙江省质量科学研究院、中国计量大学。

本文件主要起草人：董社勤、夏天豪、马国甫、张薇、陈木旺、冯琼辉、崔志英、姚晨、张建军、刘智颖、张卫东、付跃刚、单雪舟、金挺、杨哲霖、王爱华、王一鸣、顾卫丰。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2011年首次发布为GB/T 27663-2011；
- 本次为第一次修订。

全站仪

1 范围

本文件规定了全站仪的术语和定义、等级及基本参数、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于全站仪。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 26572 电器电子产品有害物质限制使用要求
GB/T 191 包装储运图形符号标志
GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）
GB/T 3161 光学经纬仪
GB/T 4208-2017 外壳防护等级（IP代码）
GB/T 7247.1-2024 激光产品的安全 第1部分：设备分类和要求
GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
GB/T 17159 大地测量术语
GB/T 17626.2-2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
GB/T 17626.3-2023 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
GB/T 25480 仪器仪表运输、贮存基本环境条件及试验方法
GB/T 26596 光学和光学仪器 大地测量仪器 术语
GB/T 36537 电子经纬仪
JJF 1001 通用计量术语及定义

3 术语和定义

GB/T 17159、GB/T 26596、GB/T 36537、JJF 1001中给定的术语和定义适用本文件。

3.1

照准误差 **pointing error**

全站仪望远镜照准目标时，视准轴（十字丝交点与光轴中心的连线）与水平轴之间不正交所引起的测量误差。

3.2

调制光相位均匀性 **phase uniformity of modulated light**

仪器的光电测距系统对望远镜像方光路中不同位置的光电信号所反映的距离示值的一致性，用于衡量采用相位法进行光电测距的内部光学/电子系统质量。

3.3

幅相误差 amplitude-phase error

全站仪测距时，由于接收信号的幅度（信号强度）变化而引起的相位测量误差，最终表现为距离测量的误差。

3.4

周期误差 periodic error

全站仪测距时，由于仪器内部信号的相互影响，测距结果随被测距离以测尺长度为周期而变化的误差。

3.5

测尺频率 modulation frequency

相位式光电测距中，用于调制光载波以形成测尺的正弦波信号的频率。

3.6

测距标准偏差 standard deviation of distance measurement

测距系统在相同条件下（同一仪器、同一目标、同一环境）进行多次测量时，各测量值之间相互离散的程度，是衡量测距系统单次测量结果随机波动程度。

3.7

自动量高 automatic height measurement

全站仪测量从垂直向下的激光束所指示的地面对中点（称为激光下对点）到仪器横轴中心的垂直距离。

4 等级及基本参数

全站仪（以下简称仪器）的等级按其标称的角度测量标准偏差 m_β 来划分，不同的等级对测距标准偏差 m_d 有相对应的要求，等级及基本参数见表1。

表1

等级	I	II	III	IV
m_β 范围/(")	$m_\beta \leq 1.0$	$1.0 < m_\beta \leq 2.0$	$2.0 < m_\beta \leq 5.0$	$5.0 < m_\beta \leq 10.0$
m_d 范围/(mm)	$m_d \leq 2.0$	$2.0 \leq m_d \leq 5.0$	$5.0 \leq m_d \leq 10.0$	$10.0 \leq m_d \leq 20.0$
注： m_d 是按标称标准偏差归算到1km的测距标准偏差。				

5 要求

5.1 基本要求

5.1.1 一测回水平方向标准偏差

一测回水平方向标准偏差应不大于表2的规定。

表2

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5″	1.0″	2.0″	5.0″	10.0″
一测回水平方向标准偏差/(″)	0.5	0.7	1.6	3.6	7.0

5.1.2 一测回竖直角标准偏差

一测回竖直角标准偏差应不大于表3的规定。

表3

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5″	1.0″	2.0″	5.0″	10.0″
一测回竖直角标准偏差/(″)	0.5	1.0	2.0	5.0	10.0

5.1.3 测距标准偏差

测距标准偏差（棱镜）应不大于表4的规定。

表4

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5″	1.0″	2.0″	5.0″	10.0″
测距标准偏差 m_d (mm)	$\pm (1+1 \times 10^{-6}D)$		$\pm (3+2 \times 10^{-6}D)$	$\pm (5+5 \times 10^{-6}D)$	

测距标准偏差（无合作目标）应不大于表5的规定。

表5

等级及限差	I	II	III	IV
测距标准偏差 m'_d (mm)	$\pm (2+2 \times 10^{-6}D)$	$\pm (5+3 \times 10^{-6}D)$	$\pm (10+5 \times 10^{-6}D)$	$\pm (20+10 \times 10^{-6}D)$

5.1.4 测距测程

仪器能够测出的最短和最长距离，所测的观测值（进行气象、倾斜、仪器常数修正后）与基线已知值的差值的绝对值应小于仪器在该距离上的标称标准差的1.5倍。

5.1.5 坐标测量标准偏差（适用时）

坐标测量标准偏差应不大于标称值。

5.2 性能要求

5.2.1 电子测角部分要求

5.2.1.1 一测回水平方向二倍照准差变化

一测回水平方向二倍照准差变化应不大于表6的规定。

表6

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5″	1.0″	2.0″	5.0″	10.0″
一测回水平方向二倍照准差变化/(″)	5		8	10	16

5.2.1.2 竖直度盘指标差

竖直度盘指标差应不大于表7的规定。

表7

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5″	1.0″	2.0″	5.0″	10.0″
竖直度盘指标差/(″)	10		16	20	30

5.2.1.3 竖直度盘指标差变化

竖直度盘指标差变化应不大于表8的规定。

表8

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5″	1.0″	2.0″	5.0″	10.0″
竖直度盘指标差变化/(″)	5		8	15	30

5.2.2 电子测距部分要求

5.2.2.1 调制光相位均匀性（适用时）

测距时仪器照准反射棱镜的标志后偏调1′，因调制光相位不均匀而引起的测距误差应不大于测距标称标准偏差固定误差的1/2。

5.2.2.2 幅相误差（适用时）

在不同的回光信号强度下，对同一距离重复测距，其最大值与最小值之差应不大于测距标称标准偏差固定误差的1/2。

5.2.2.3 周期误差

周期误差的振幅应不大于测距标称标准偏差的固定误差的3/5，同时计算加常数测量的标准偏差应不大于测距标称标准偏差的1/2。

5.2.2.4 测尺频率

仪器开机以后，测尺频率的变化范围 $[(f_1-f_0)/f_0]$ (f_1 为室温下 t 时刻的瞬时频率， f_0 为仪器标称测尺频率)应不大于测距标称标准偏差的比例误差的2/3。

5.2.2.5 测量重复性

仪器测量的重复性（一次照准读数标准偏差）应不大于测距标称标准偏差的1/4。

5.2.3 望远镜部分要求

5.2.3.1 望远镜调焦时视轴的变化

望远镜从无穷远调焦到最短视距时，其视轴在水平方向的变化应不大于表9的规定。

表9

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5''	1.0''	2.0''	5.0''	10.0''
视轴在水平方向的变化/(")	5		8	10	15

5.2.3.2 望远镜十字丝中心附近的分辨力

望远镜十字丝中心附近的分辨力 α 应不低于 $180/D$ （"）， D 为望远镜物镜的有效孔径，单位为毫米（mm）。

5.2.3.3 望远镜放大倍率

全站仪望远镜放大倍率应符合标称值，偏差不超过 $\pm 5\%$ ；I、II级全站仪放大倍率应不低于30倍，III、IV级全站仪放大倍率应不低于24倍。

5.2.3.4 望远镜竖丝对横轴的垂直度

望远镜竖丝相对于横轴应垂直，望远镜竖丝应在铅垂面内，不应有目视可见的倾斜。

5.2.3.5 照准误差

照准误差应不大于表10的规定。

表10

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5''	1.0''	2.0''	5.0''	10.0''
照准误差/(")	5		8	10	16

5.2.4 机械结构要求

5.2.4.1 横轴相对于竖轴的垂直度误差

横轴相对于竖轴的垂直度误差应不大于表11的规定。

表11

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5″	1.0″	2.0″	5.0″	10.0″
横轴相对于竖轴的垂直误差/(″)	10		15	20	30

5.2.4.2 倾斜补偿器的补偿误差准确度

倾斜补偿器的补偿误差准确度应符合表12的规定。

表12

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5″	1.0″	2.0″	5.0″	10.0″
纵向和横向补偿范围不小于/(′)	3				
纵向和横向零位误差/(″)	10		20	30	30
竖直方向补偿误差不大于/(″)	3		6	12	20
水平方向补偿误差不大于/(″)	3		6	12	20
注：对此项中的水平方向补偿，并不强制使用，如遇仪器中存在此项补偿时，推荐按本标准检测此项误差。					

5.2.4.3 仪器照准部每旋转一周，基座方位移动

仪器照准部每旋转一周，基座方位移动应不大于表13的规定。

表13

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5″	1.0″	2.0″	5.0″	10.0″
基座方位移动/(″)	0.2	0.3	1	2	3

5.2.4.4 水准器轴与竖轴的垂直度

水准器轴与仪器竖轴垂直度应不大于管状水准器的分划值的一半，此时圆形水准器气泡应居中。

5.2.5 对中机构要求

5.2.5.1 对点器的视轴相对于竖轴的同轴度误差

对点器的视轴与竖轴重合，在距基座0.8m~1.5m高度内同轴度应不大于1.0 mm。

5.2.5.2 自动量高（适用时）

仪器整平对中后，利用内置激光测距传感器，自动测量仪器横轴中心到对中目标中心的距离。测得距离的标准偏差应不超过表14中的量高限差 $H_{限}$ 的规定。

表14

等级及限差	I		II	III	IV
	0.5″	1.0″	2.0″	5.0″	10.0″
量高限差 $H_{限}$ (mm)	±1		±2	±3	

5.2.6 自动化部分要求

5.2.6.1 仪器伺服系统定位偏差（适用时）

5.2.6.1.1 仪器伺服系统水平方向定位偏差应不大于 3″。

5.2.6.1.2 仪器伺服系统垂直方向定位偏差应不大于 3″。

5.2.6.2 仪器伺服系统旋转角速度

仪器伺服系统最大旋转角速度应不小于标称的旋转角速度。

5.2.6.3 自动目标识别（下文简称 ATR）定位标准偏差

ATR定位标准偏差应不大于标称的标准偏差，包括小于等于100m范围内的基础标准偏差和大于100m范围的角度标准偏差。

近距离（小于等于100m）ATR限差 α_{lim} 按公式（1）计算：

$$\alpha_{lim} = \pm \frac{m_d \times 10^{-3}}{D} \times 206265 \quad (1)$$

式中：

α_{lim} ——ATR限差，单位角秒（″）；

m_d ——测距标准偏差，单位毫米（mm）；

D ——测站至镜站的距离，单位米（m）；

远距离（大于100m）ATR限差直接给出角度限差±1.5″。

5.2.6.4 ATR 工作范围

ATR工作范围，在规定的观测条件下应不小于标称的工作距离。

5.2.6.5 自动跟踪速度

自动跟踪速度，在规定的观测条件下应不小于标称的跟踪速度。

5.2.6.6 超级搜索（适用时）

5.2.6.6.1 超级搜索测程

仪器超级搜索的测程应不小于标称的测程，在该测程内，以标准反射棱镜为目标，仪器应能实现有效搜索、识别并定位。

5.2.6.6.2 超级搜索时间

仪器的超级搜索在标称的最远和最近测程情况下，望远镜分别转动至与棱镜夹角180°位置，搜索时间都应不大于标称的搜索时间。

5.2.6.6.3 超级搜索俯仰角

仪器超级搜索的俯仰角在相应的距离范围内不小于标称的俯仰角。

5.3 通用性要求

5.3.1 仪器表面

仪器表面不应有碰伤、划痕、脱漆和锈蚀，盖板及部件接合整齐，密封性好。

5.3.2 显示/输出

5.3.2.1 显示

仪器显示屏显示符号、字母及数字清晰、完整。

5.3.2.2 测量操作模式、补偿功能显示

应实时显示当前测量操作模式（角度 / 距离 / 坐标）、倾斜补偿功能开启 / 关闭状态、测距气象修正参数。

5.3.2.3 参数校正

支持测量参数包括但不限于照准误差、指标差、横轴与竖轴的垂直度误差、补偿器零位、补偿误差、ATR照准误差的校正，且校正有效。

5.3.2.4 电源低压报警

仪器具备电源低压报警功能。

5.3.2.5 数据传输

支持数据实时传输、文件的导入/导出，无乱码、丢失数据现象。

5.3.3 机械质量

5.3.3.1 运动部件质量

脚螺旋转动松紧适度，无卡滞、晃动；水平及竖直制动及微动机构运转平稳可靠、无跳动现象；当望远镜调焦到无穷远时，放松横轴制动螺旋，望远镜应保持平衡，不应有超过视场1/4的自行转动现象；仪器和基座的连接锁紧机构可靠。

5.3.3.2 操作键盘质量

仪器操作键盘按键回弹灵敏、无卡滞，每个键的功能正常；各按键标识清晰、耐磨，无褪色、脱落；如有触摸屏，触摸功能正常。

5.3.3.3 可拆卸机构

仪器提手、电池仓、数据接口盖等可拆卸机构连接牢固，无松动、脱落；电池仓开合顺畅，锁紧后电池无晃动，接触良好。

5.3.3.4 望远镜内调焦

望远镜内调焦机构调焦顺畅，无卡滞、空回，调焦过程中视场无明显晃动；调焦后目标成像清晰，无重影、模糊，分划板与成像面重合，无视差。

5.3.4 激光出射功率

仪器激光测距、激光指向、激光下对点的激光光源出射功率应符合 GB/T 7247.1-2024 的规定，划入3类及以下激光产品范畴；实际出射功率不大于标称值 P_0 的1.2倍，且不小于标称值的0.8倍。

5.3.5 数据通讯

5.3.5.1 通讯接口

仪器可配置RS232通讯接口，如另配置通用有线数据接口，优先采用USB-C；仪器如支持蓝牙、Wi-Fi等无线数据传输，必须符合国家相关标准。

5.3.5.2 接口线缆和接插件连接要求

仪器数据接口接插件接触良好，插拔顺畅；接口线缆与仪器接插到位后，通讯功能正常。

5.3.6 电气特性

5.3.6.1 电源适应性

仪器在标称工作电压值 $\pm 10\%$ 的范围或标称工作电压范围内能正常工作。

5.3.6.2 续航时间

电池充满电后，仪器连续工作时间不小于标称值。

5.3.7 软件

仪器预装软件运行稳定，无死机、闪退、卡顿等现象。

5.3.8 互换性

5.3.8.1 基座互换性

同规格、同型号的全站仪基座与仪器主体可任意互换，互换后不影响仪器整体测量要求。

5.3.8.2 电池互换性

同规格、同型号的全站仪电池可任意互换，互换后仪器能正常供电开机，测量功能正常。

5.3.8.3 配件互换性

同规格、同型号的仪器配件（如数据线、充电器等）可任意互换，互换后配件与仪器匹配良好，功能正常。

5.3.9 安全性

5.3.9.1 激光安全要求

仪器激光部件应按 GB/T 7247.1-2024 进行等级划分和标识，激光等级标识应清晰、耐磨，标注在激光出射口附近及仪器说明书中。

5.3.9.2 电源安全要求

仪器电池具备过充、过放、短路、过温保护功能，在正常使用、充电及异常短路、高温（ $\leq 85^\circ\text{C}$ ）条件下，无电解液泄漏、起火、爆炸现象；电池外壳清晰标注电池类型（如锂离子电池）、额定电压、额定容量、正负极标识及安全警示语。

5.3.10 电源环保

电池应符合 GB/T 26572 的规定，限用有害物质限量达标；应采用可充电、可回收电池，禁止使用一次性汞、镉电池，满足环保要求。

5.3.11 环境适应性

5.3.11.1 工作温度

仪器在 $-20^{\circ}\text{C}\sim+50^{\circ}\text{C}$ 温度范围内正常工作。

5.3.11.2 湿热环境

仪器在带有内包装箱条件下，应符合GB/T 25480的要求，仪器在经过湿热严酷等级为高温 55°C ，湿度80RH ~95RH，试验2个周期，每周期24h后，无锈蚀、霉变、电气短路现象，开机后各功能正常，测量性能符合标称要求。

5.3.11.3 储存温度

仪器在运输包装条件下，应符合GB/T 25480的要求，其中高温 $+55^{\circ}\text{C}$ ，低温 -40°C 。

5.3.11.4 冲击振动

仪器在带有内包装箱的条件下，应能承受频率 60 次/分 \sim 100 次/分，加速度 $98\text{m/s}^2\pm 20\text{ m/s}^2$ ，连续冲击次数 1000 次 \pm 10 次的冲击试验。

5.3.11.5 正弦振动

仪器能承受振幅为0.35mm, 加速度5g, 振动频率为10Hz-150Hz的正弦垂直振动, 每次振动10min, 试验后仪器无部件变形、脱落, 各功能正常, 测量性能符合标称要求。

5.3.11.6 跌落

仪器在带有内包装箱条件下，应符合GB/T 25480的要求，自由跌落高度250 mm。

5.3.11.7 外壳保护

外壳防护等级应符合GB/T 4208，不低于标称的要求。

5.3.12 电磁兼容性

5.3.12.1 静电放电抗扰度

抗静电干扰能力应不低于GB/T 17626.2—2018中3级的规定。试验期间及试验后，仪器应能正常工作。

5.3.12.2 射频电磁场辐射抗扰度

射频电磁场辐射抗扰度应不低于GB/T 17626.3—2023中3级的规定。试验期间及试验后，仪器应能正常工作。

6 试验方法

6.1 一测回水平方向标准偏差

按GB/T 3161规定进行试验。

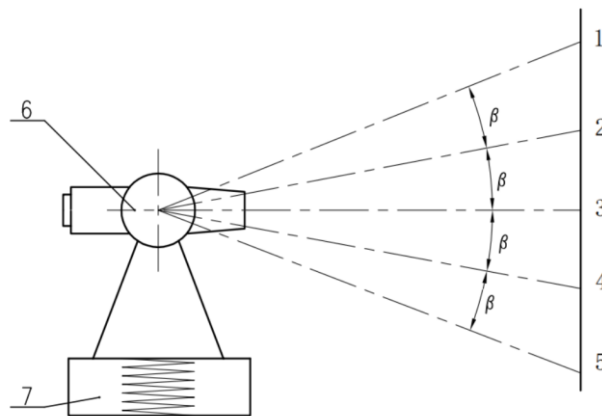
6.2 一测回竖直角标准偏差

6.2.1 试验工具

平行光管，焦距 $f \geq 500\text{mm}$ 。

6.2.2 试验程序

采用多目标法,装置见图1,分别在1,2,3,4,5各点设置平行光管,平行光管3处于水平方向。将仪器安置在升降工作台上,并调整到工作状态(近、远点在一条直线上,或天顶距为 $90^\circ \pm 10'$)，以盘左位置自上而下依次照准5个目标,并读记竖盘读数,每个目标照准2次,读2次数,取平均值。用同样方法在盘右自下而上依次照准目标,并读记竖盘读数,此为一测回,共测4测回。



标引序号说明:

1~5——平行光管位置;

6——被检仪器;

7——升降工作台;

β —— $15^\circ \pm 2^\circ$ 。

图1 多目标法竖直角标准偏差试验装置示意图

6.2.3 试验结果的计算

对于每一测回,每个目标的竖直角 $\alpha_{i,j}$ 按公式(2)计算:

$$\alpha_{i,j} = \frac{1}{2}(R_{i,j} - L_{i,j} - 180^\circ) \dots \dots \dots (2)$$

式中:

$R_{i,j}$ ——第*i*测回第*j*个目标盘右位置的竖盘测量值;

$L_{i,j}$ ——第*i*测回第*j*个目标盘左位置的竖盘测量值。

共测*m*个测回,每个目标竖直角测得值的平均值 $\bar{\alpha}_j$ 按公式(3)计算:

$$\bar{\alpha}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \alpha_{i,j} \dots \dots \dots (3)$$

一测回竖直角标准偏差 μ_V 按公式(4)和公式(5)计算:

$$\mu_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{i,j}^2}{m \cdot (n-1)}} \dots \dots \dots (4)$$

$$v_{i,j} = \alpha_{i,j} - \bar{\alpha}_j \dots \dots \dots (5)$$

式中：

m ——测回数 ($i=1, 2, 3, 4$)；

n ——目标数 ($j=1, 2, 3, 4, 5$)。

6.3 测距标准偏差

6.3.1 方法一（型式检验-棱镜）

6.3.1.1 试验工具

- a) 标准基线（其长度的不确定度 $U_b \leq 0.4\text{mm} + 1.0 \times 10^{-6}D$, $k=2$ ）。
- b) 反射棱镜

6.3.1.2 试验程序

在相应准确度的已知长度的试验场进行。选用的组合基线段应不少于15段，且其长度应大致均匀分布在仪器的测程内。已知长度可用检定过的高精度测距仪测定，其长度的不确定度不大于 10^{-6} 。

对每段基线的观测应采用一次照准取10次读数求其平均值为观测值。在测距的同时测定气温、气压等数据，并对各观测值进行气象、倾斜、仪器加常数、乘常数改正等修正。

6.3.1.3 试验结果的计算

用进行修正过后的距离观测值与相应的基线或已知长度值比较，用一元线性回归法进行计算。计算测距标准偏差 m_a 的表达式为 $(a+bD)$ ，其中 a 值和 b 值分别按公式(6)和(7)计算：

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n D_i \sum_{i=1}^n (D_i l_i) - \sum_{i=1}^n D_i^2 \sum_{i=1}^n l_i}{(\sum_{i=1}^n D_i)^2 - n \sum_{i=1}^n D_i^2} \dots \dots \dots (6)$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n D_i \sum_{i=1}^n l_i - n \sum_{i=1}^n (D_i l_i)}{(\sum_{i=1}^n D_i)^2 - n \sum_{i=1}^n D_i^2} \dots \dots \dots (7)$$

式中：

$l_i = |D_{0i} - D_i|$ ；

a ——测距标准偏差表达式固定误差部分，单位为毫米（mm）；

b ——测距标准偏差表达式比例误差系数，单位为毫米每千米（mm/km）；

D_{0i} ——基线或已知长度值，单位为毫米（mm）；

D_i ——经过气象、倾斜、仪器加常数、乘常数等修正后的距离观测值，单位为毫米（mm）；

n ——比测边的段数(取样数)；

$i=1, 2, 3, \dots, n$ 。

计算出的 a, b 值应符合 a, b 值的要求。

6.3.2 方法二（型式检验-无合作目标）

6.3.2.1 试验工具

- a) 标准基线（其长度的不确定度 $U_D \leq 0.4\text{mm} + 1.0 \times 10^{-6}D$, $k=2$ ）。
- b) 标准白板：反射率90%±1%的白板，粗糙度不大于1mm，尺寸标准A4。

6.3.2.2 试验程序

在室外长度基线场上用标准白板进行测试。基线最长边应不大于无合作目标标称测程，总的组合边数不应少于12条。对每段基线的观测应采用一次照准，取10次读数，求其平均值为观测值。在测距的同时测定气温、气压等数据，并对各观测值进行气象、倾斜等修正。

6.3.2.3 试验结果的计算

用进行修正过后的距离观测值与相应的基线或已知长度值比较，用一元线性回归法进行计算。

计算测距标准偏差 m'_d 的表达式为 $(a'+b'D)$ ，其中 a' 按公式(6)中 a 值计算， b' 按公式(7)中 b 值计算。

6.3.3 方法三（出厂检验）

6.3.3.1 试验工具

同6.3.1.1。

6.3.3.2 试验程序

在相应准确度的已知长度的试验场进行。选用的组合基线应不少于5条边，且其长度应均匀分布在仪器的测程内。对每段基线的观测应采用一次照准取5次读数求其平均值作为观测值。在测距的同时测定气温、气压等数据。

6.3.3.3 试验结果的计算

对各观测值进行气象、倾斜、加常数及乘常数等改正得距离观测值 D_i ，其误差 Δ_i 按公式(8)计算：

$$\Delta_i = D_{0i} - D_i \dots\dots\dots (8)$$

式中：

D_{0i} ——基线或已知长度值，单位为毫米（mm）。

单位权标准偏差 m_0 按公式(9)计算：

$$m_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

n ——比测边的段数(取样数)。

取单位权标准偏差 m_0 的1.2倍作为该台仪器的测距标准偏差 m_d ，见公式(10)：

$$m_d = 1.2 \cdot m_0 \dots\dots\dots (10)$$

6.3.4 方法四（出厂检验）

6.3.4.1 试验工具

同6.3.2.1。

6.3.4.2 试验程序

在室内相应准确度的已知长度的试验场上进行试验，反射目标为标准白板。在室内标准基线6m处安置标准白板，望远镜照准标准白板中心，以此作为零点由近至远进行观测。标准白板每次移动2m，对中误差应不大于0.2mm。每点进行5次测距，取其平均值作为观测值，在测距的同时测定气温、气压等数据。连续观测 20 条边。

6.3.4.3 试验结果的计算

对各观测值进行气象、倾斜、加常数及乘常数等改正得距离观测值 D_i ，其误差 Δ 按公式(8)计算。

6.4 测程

6.4.1 试验工具

- a) 反射棱镜
- b) 标准白板：反射率90%±1%的白板，粗糙度不大于1mm，尺寸标准A4。

6.4.2 试验条件

目标为反射棱镜时：能见度40km，晴朗，无热闪烁。

目标为标准白板时(无合作目标)：背景光照度不大于5000lx，无雾和无阳光直射。

6.4.3 试验程序

应在规定的观测条件下及规定使用的反射目标条件下进行试验。选择与测程相应的已知距离 \tilde{D} ，在其两端分别安置仪器与反射目标。仪器测距应不少于10次照准，每次照准取5个读数求其平均值为观测值。在测距的同时测定气温、气压，对所测的观测值进行气象、倾斜、仪器常数修正后得距离测量值 \bar{D} 。试验时棱镜目标和专用白板目标应分别进行。

6.4.4 试验结果的计算

距离测量值 \bar{D} 与已知距离 \tilde{D} 差值的绝对值按公式(11)计算：

$$\Delta = |\bar{D} - \tilde{D}| \dots\dots\dots (11)$$

6.5 坐标测量标准偏差

6.5.1 场地配置

在三角形的角落点上设置三个目标点(T₁、T₂、T₃) (见图2)，且目标点需牢固固定于地面。根据测量任务，各目标点间距应不同，且至少一个距离需超过要求的平均距离(例如60m)。目标点高度应尽可能根据地面起伏差异设置。

三个仪器站(S₁、S₂、S₃)应布置在靠近三角形各边的位置，距离每个目标点约5m~10m。

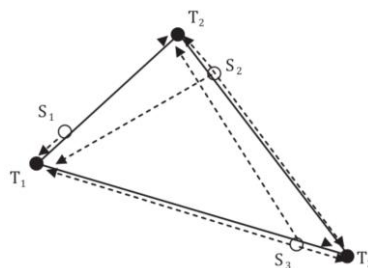


图2 测试场地配置示意图

6.5.2 测量方法

每个仪器站对每个目标点需进行单镜位观测，每组包含三次测量。

从仪器站S₁、S₂、S₃分别对三个目标点进行观测，需按四组观测顺序执行[望远镜镜位顺序：I(正镜)-II(倒镜)-I(正镜)-II(倒镜)]。

各测站点的坐标和方向可自行设定，但在同一测站进行四组观测时，配置不得更改。

观测应使用仪器内置或专用软件，建议与实际工作采用相同软件。
测量顺序如表15所示：

表15

序号	仪器站 i	目标点 j	组别 k	镜位	坐标记录 (x, y, z)
1	1	1	1	I	$X_{1,1,1}$ $Y_{1,1,1}$ $Z_{1,1,1}$
2		2			$X_{1,2,1}$ $Y_{1,2,1}$ $Z_{1,2,1}$
3		3			$X_{1,3,1}$ $Y_{1,3,1}$ $Z_{1,3,1}$
4		1	2	II	$X_{1,1,2}$ $Y_{1,1,2}$ $Z_{1,1,2}$
5		2			$X_{1,2,2}$ $Y_{1,2,2}$ $Z_{1,2,2}$
6		3			$X_{1,3,2}$ $Y_{1,3,2}$ $Z_{1,3,2}$
7		1	3	I	$X_{1,1,3}$ $Y_{1,1,3}$ $Z_{1,1,3}$
8		2			$X_{1,2,3}$ $Y_{1,2,3}$ $Z_{1,2,3}$
9		3			$X_{1,3,3}$ $Y_{1,3,3}$ $Z_{1,3,3}$
10		1	4	II	$X_{1,1,4}$ $Y_{1,1,4}$ $Z_{1,1,4}$
11		2			$X_{1,2,4}$ $Y_{1,2,4}$ $Z_{1,2,4}$
12		3			$X_{1,3,4}$ $Y_{1,3,4}$ $Z_{1,3,4}$
13	2	1	1	I	$X_{2,1,1}$ $Y_{2,1,1}$ $Z_{2,1,1}$
∴		∴	∴	∴	∴
24		3	4	II	$X_{2,3,4}$ $Y_{2,3,4}$ $Z_{2,3,4}$
25	3	1	4	I	$X_{3,1,1}$ $Y_{3,1,1}$ $Z_{3,1,1}$
∴			∴	∴	∴
34		1	4	II	$X_{3,1,4}$ $Y_{3,1,4}$ $Z_{3,1,4}$
35		2			$X_{3,2,4}$ $Y_{3,2,4}$ $Z_{3,2,4}$
36		3			$X_{3,3,4}$ $Y_{3,3,4}$ $Z_{3,3,4}$

6.5.3 计算

6.5.3.1 x、y 坐标

三角形数学模型的构建方法见图3：

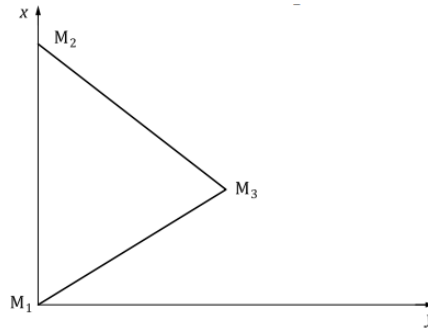


图3 三角形的数学模型

通过通过测量坐标 $(x_{i,j,k}, y_{i,j,k})$ 分别计算 T_1 与 T_2 之间的水平距离 $l_{i,3,k}$ 、 T_2 与 T_3 之间的 $l_{i,1,k}$ ，以及 T_3 与 T_1 之间的 $l_{i,2,k}$ 。

计算公式：

$$l_{i,j,k} = \sqrt{(x_{i,j-1,k} - x_{i,j+1,k})^2 + (y_{i,j-1,k} - y_{i,j+1,k})^2} \quad (12)$$

式中：

$i=1, 2, 3$;

$j=1, 2, 3$ (若 $j-1$ 为 0 或 $j+1$ 为 4，则分别替换为 3 或 1)；

$k=1, 2, 3, 4$ 。

各边平均长度 L_j 按公式 (13) 计算：

$$L_j = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^4 l_{i,j,k} \quad (13)$$

式中：

$j=1, 2, 3$ 。

三角形数学模型顶点 M_j ($j = 1, 2, 3$) 的坐标定义基于：

$$M_1 = (0, 0)$$

M_1 至 M_2 的连线作为 x 轴

M_1 的坐标：

$$M_1(X_1, Y_1) = (0, 0) \quad (14)$$

M_2 的坐标：

$$M_2(X_2, Y_2) = (L_3, 0) \quad (15)$$

M_3 的坐标：

$$M_3(X_3, Y_3) = \left[\frac{-(L_1^2) + L_2^2 + L_3^2}{2L_3}, \sqrt{L_2^2 - \left[\frac{-(L_1^2) + L_2^2 + L_3^2}{2L_3} \right]^2} \right] \quad (16)$$

重心坐标与坐标变换，

数学模型的重心坐标 (X_g, Y_g) 按公式 (17) 计算：

$$(X_g, Y_g) = \left[\frac{\sum_{j=1}^3 X_j}{3}, \frac{\sum_{j=1}^3 Y_j}{3} \right] \quad (17)$$

各仪器站观测得到的三角形重心坐标 $(X_{g,i}, Y_{g,i})$ 按公式 (18) 计算：

$$(x_{g,j}, y_{g,j}) = \left[\frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 x_{i,j,k}}{12}, \frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 y_{i,j,k}}{12} \right] \quad (18)$$

式中：

$i=1, 2, 3$

坐标平移：使数学模型重心与观测三角形重心重合

平移后的数学模型顶点坐标 $(X_{t,i,j,k}, Y_{t,i,j,k})$ 按公式 (19) (20) 计算：

$$X_{t,i,j,k} = X_j + (x_{g,j} - X_g) \quad (19)$$

$$Y_{t,i,j,k} = Y_j + (y_{g,j} - Y_g) \quad (20)$$

式中：

$i=1, 2, 3$ (仪器站编号)；

$j=1, 2, 3$ (顶点编号)，

$k=1, 2, 3, 4$ (观测次数)。

数学模型绕重心旋转，以最小化顶点残差，

旋转角 $\theta_{i,k}$ 按公式 (21) 计算：

$$\theta_{i,k} = \tan^{-1} \left(\frac{q_{i,k}}{p_{i,k}} \right) \quad (21)$$

式中：

$i=1, 2, 3$ (仪器站编号)；

$k=1, 2, 3, 4$ (观测次数)。

$q_{i,k}$, $p_{i,k}$ 按公式 (22) 和公式 (23) 计算：

$$q_{i,k} = \frac{\sum_{j=1}^3 ((X_{t,i,j,k} - x_{g,i}) \cdot (Y_{i,j,k} - y_{g,i}) - (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i}) \cdot (X_{i,j,k} - x_{g,i}))}{\sum_{j=1}^3 ((X_{t,i,j,k} - x_{g,i})^2 + (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i})^2)} \quad (22)$$

$$p_{i,k} = \frac{\sum_{j=1}^3 ((X_{t,i,j,k} - x_{g,i}) \cdot (X_{i,j,k} - x_{g,i}) - (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i}) \cdot (Y_{i,j,k} - y_{g,i}))}{\sum_{j=1}^3 ((X_{t,i,j,k} - x_{g,i})^2 + (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i})^2)} \quad (23)$$

旋转后的数学模型顶点坐标 $(X_{m,i,j,k}, Y_{m,i,j,k})$ 按公式 (24) 和公式 (25) 计算：

$$X_{m,i,j,k} = x_{g,i} + \cos \theta_{i,k} \cdot (X_{t,i,j,k} - x_{g,i}) - \sin \theta_{i,k} \cdot (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i}) \quad (24)$$

$$Y_{m,i,j,k} = y_{g,i} + \sin \theta_{i,k} \cdot (X_{t,i,j,k} - x_{g,i}) + \cos \theta_{i,k} \cdot (Y_{t,i,j,k} - y_{g,i}) \quad (25)$$

式中：

$i=1, 2, 3$ (测站编号)；

$j=1, 2, 3$ (顶点编号)；

$k=1, 2, 3, 4$ (观测次数)。

观测坐标相对于旋转后数学模型的残差 $r_{x,i,j,k}$, $r_{y,i,j,k}$ 按公式 (26) (27) 计算：

$$r_{x,i,j,k} = x_{i,j,k} - X_{m,i,j,k} \quad (26)$$

$$r_{y,i,j,k} = y_{i,j,k} - Y_{m,i,j,k} \quad (27)$$

式中：

$i=1, 2, 3$ (测站编号)；

$j=1, 2, 3$ (顶点编号)。

$k=1, 2, 3, 4$ (观测次数)。

所有观测点的残差平方和 r_{xy}^2 按公式 (28) 计算：

$$\sum r_{xy}^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^4 (r_{x,i,j,k}^2 + r_{y,i,j,k}^2) \quad (28)$$

由于数学模型包含：

3条边，

6个观测三角形重心点 [2 (矢量) × 3 (仪器站)]，

12个旋转参数[4(组) × 3(仪器站)]，

因此，未知参数总数 $v=3+6+12=21$ 。

自由度 v_{XY} 按公式(29)计算：

$$v_{XY} = 72 - 21 = 51 \quad (29)$$

实验标准偏差 s_{XY} 按公式(30)计算：

$$s_{XY} = \sqrt{\frac{\sum r_{xy}^2}{51}} \quad (30)$$

最后，x、y坐标的标准不确定度 $u_{ISO-TS-XY}$ 按公式(31)计算：

$$u_{ISO-TS-XY} = s_{XY} \quad (31)$$

6.5.3.2 z 坐标

使用每组测量的z值计算 T_1 与 T_2 (及 T_3) 之间的高差：

$$d_{z,i,j,k} = z_{i,j,k} - z_{i,1,k} \quad (32)$$

式中：

$i=1, 2, 3$;

$j=1, 2, 3$;

$k=1, 2, 3, 4$ 。

高差 $d_{z,i,2,k}$ 和高差 $d_{z,i,3,k}$ 的平均值 $a_{z,j}$ 按公式(33)计算：

$$a_{z,j} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^3 \sum_{k=1}^4 d_{z,i,j,k} \quad (33)$$

式中：

$j=2, 3$ 。

每组测量所得高度差与平均值的残差 $r_{z,i,j,k}$ 按公式(34)计算：

$$r_{z,i,j,k} = d_{z,i,j,k} - a_{z,j} \quad (34)$$

式中：

$i=1, 2, 3$;

$j=1, 2, 3$;

$k=1, 2, 3, 4$ 。

残差平方和按公式(35)计算：

$$\sum r_z^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=2}^3 \sum_{k=1}^4 r_{z,i,j,k}^2 \quad (35)$$

自由度 v_z 按公式(36)计算：

$$v_z = 24 - 2 = 22 \quad (36)$$

高差标准偏差 s_{dz} 按公式(37)计算：

$$s_{dz} = \sqrt{\frac{\sum r_z^2}{22}} \quad (37)$$

z坐标标准偏差 s_z 按公式(38)计算：

$$s_z = \sqrt{\frac{\sum r_z^2}{22 \times 2}} \quad (38)$$

标准不确定度：

$$u_{ISO-TS-XY} = S_Z \quad (39)$$

测试实例见附录A。

6.6 一测回水平方向二倍照准差变化

按GB/T 3161规定进行试验。

6.7 竖直度盘指标差

按GB/T 3161规定进行试验。

6.8 竖直度盘指标差变化

按GB/T 3161规定进行试验。

6.9 仪器的调制光相位均匀性

6.9.1 试验工具

长约50m的试验场地、反射棱镜。

6.9.2 试验程序

调制光相位均匀性采用光斑位置截取法：

- 选择长约 50m 的试验场地，两端分别安置仪器与反射棱镜，使其大致等高。
- 由中心点向上下左右等间隔地移动光轴测距，接通仪器电源，照准反射棱镜标志后，分别向上下左右各方向移动光轴，找出光斑的可测范围。按其大小，由中心点向上下左右等间隔地移动光轴测距，每间隔读数 5 次取平均值。测点顺序如图 3 所示，在偏调 $1'$ 的区域内测点应不少于 13 个点。
- 将光斑中心点测距值与其他各点测距值之差绘制等相位差图，取偏调 $1'$ 范围内的其最大差值为结果。

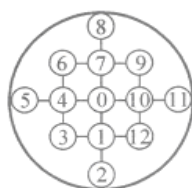


图4 调制光相位均匀性测试点顺序

6.10 幅相误差

6.10.1 试验工具

同6.9.1。

6.10.2 试验程序

在室内长约50m的距离两端分别安置仪器与反射棱镜，激活仪器的回光信号测试功能菜单。在物镜前安置灰度滤光器，在信号正常范围内分三次改变回光信号大小，每次取5次读数的平均值为所测距离。取三个距离的最大互差为检测结果。

6.11 周期误差

6.11.1 平台法

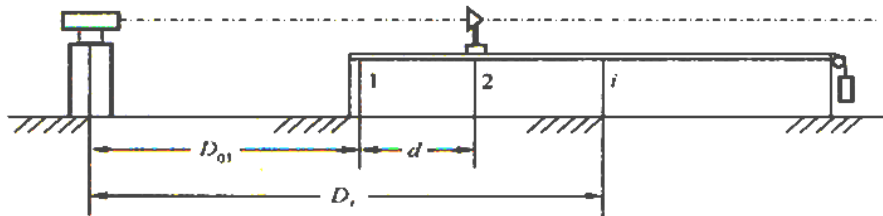
6.11.1.1 试验工具

试验工具如下：

- a) 试验平台（平直度应优于 5×10^{-5} ）；
- b) 基线尺（其长度应大于受检仪器的精测尺长，准确度优于 2×10^{-5} ，最小分度应小于或等于受检仪器精测尺长的 $1/40$ ）。

6.11.1.2 试验程序

仪器安置如图5所示。在平台上放置一根基线尺，基线尺的零点与平台起始点对准并固定，另一端拉一个与该尺检定时张尺拉力相符的重锤或弹簧秤，检测起始点与安置仪器（墩或脚架）高差不大于2mm且在同一方向线上。



标引序号说明：

- 1 ——点位1（起始点0位）；
- 2 ——点位2；
- i ——点位i；
- D_{0i} ——高精度仪器测定距离值；
- D_i ——仪器测定距离值。

图5 周期误差试验装置示意图

将仪器与反射棱镜分别整平对中，从平台上基线尺的零点开始观测，反射棱镜由近而远移动，每次移动的距离为仪器精测尺长的 $1/20$ 或 $1/10$ ，各点的对中位移误差不大于 0.2mm ，每移动一次反射目标，进行一次测距，取5次读数求其平均值为所测距离值，依次测完20或10个点（包括起始零点）。然后，由远而近进行返测，取其往返观测的平均值为相应各点的距离。

6.11.1.3 试验结果的计算

周期误差对观测距离的修正值 ΔD_i 按公式（40）至公式（45）计算：

$$\Delta D_i = A \sin\left(\varphi_0 + \frac{D_i}{U} \times 360^\circ\right) \dots\dots\dots (40)$$

$$A = \sqrt{X^2 + Y^2} \dots\dots\dots (41)$$

$$\varphi_0 = \tan^{-1} \frac{Y}{X} \dots\dots\dots (42)$$

$$X = -\frac{2 \sum_{i=1}^n \left[-\sin\left(\frac{D_i}{U} \times 360^\circ\right) l_i\right]}{n} \dots\dots\dots (43)$$

$$Y = -\frac{2 \sum_{i=1}^n \left[-\cos\left(\frac{D_i}{U} \times 360^\circ\right) l_i\right]}{n} \dots\dots\dots (44)$$

$$l_i = D_{01} + (i - 1)d - D_i \text{ 或 } l_i = D_{0i} - D_i \dots\dots\dots (45)$$

式中：

A —— 周期误差振幅；

φ_0 —— 周期误差的初相角；

D_i —— 仪器测定距离值；

D_{0i} —— 高精度仪器测定距离值；

D_{0l} —— 仪器与基线尺零点间距离；

n —— 观测反射目标的点数；

d —— 反射目标移动的间隔；

U —— 受检仪器测尺的长度；

$i=1,2,3,\dots,n$ 。

6.11.1.4 周期误差测定标准偏差的估算

单位权标准偏差 m_0 按公式（46）和公式（47）计算：

$$m_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{n-3}} \dots\dots\dots (46)$$

式中：

$$\sum_{i=1}^n V_i^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n l_i)^2}{n} + \left\{ \sum_{i=1}^n \left[-\sin\left(\frac{D_i}{U} \times 360^\circ\right) l_i \right] \right\} X + \left\{ \sum_{i=1}^n \left[-\cos\left(\frac{D_i}{U} \times 360^\circ\right) l_i \right] \right\} Y + \sum_{i=1}^n l_i^2 \cdot (47)$$

式中：

D_i —— 仪器测定距离值；

n —— 观测反射目标的点数；

U —— 受检仪器测尺的长度；

$i=1,2,3,\dots,n$ 。

振幅测定的标准偏差 m_A 按公式（48）计算：

$$m_A = m_0 \sqrt{\frac{2}{n}} \dots\dots\dots (48)$$

初相角测定的标准偏差 m_{φ_0} 按公式（49）计算：

$$m_{\varphi_0} = \left(\frac{m_A}{A}\right) \rho \dots\dots\dots (49)$$

式中：

$\rho=206265$ 。

6.11.1.5 周期误差的图解

以 (D_i-D_{0l}) 值为横坐标，以 l_i 为纵坐标，绘出误差曲线图。

误差曲线图周期性显著，应复测一次，振幅 A 和初相角 φ_0 稳定，可用两次观测的 A ， φ_0 平均值对观测距离值加以修正来使用。

6.11.2 乘常数、加常数（出厂检验）

6.11.2.1 乘常数

乘常数用测频方法测定。测频仪器按出厂说明书预热充分并实时校准好，再用光电转换器（或直接测量电路板上的频率测试点）物镜对准仪器发射物镜，给仪器通电，即开始测频。在约10分钟至15分钟内，读取20个频率，取平均值 f_T ，并测定室温 T 。

乘常数 R 按公式（50）计算：

$$R = \frac{f_0 - f_T}{f_0} \dots\dots\dots (50)$$

式中：

f_0 ——仪器标称测尺频率，单位为赫兹(Hz)；

f_T ——仪器在 T 温度下测尺的工作频率，单位为赫兹(Hz)。

6.11.2.2 加常数（棱镜）

与周期误差同时测定。周期误差在周期误差测定平台或室内强制对中导轨(短基线)上进行。将周期误差测定的数据做周期误差改正，并将做过改正的数据与基线值比较。

加常数 K 按公式（51）计算：

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{n} \dots\dots\dots (51)$$

单位权标准偏差 m_0 公式（52）和公式（53）计算：

$$m_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \dots\dots\dots (52)$$

$$\sum_{i=1}^n v_i^2 = \sum_{i=1}^n l_i^2 - (\sum_{i=1}^n l_i) K \dots\dots\dots (53)$$

式中：

l_i ——基线值与 D_i 值之差，单位为毫米（mm）；

n ——使用的基线段数；

$i=1,2,3, \dots, n$ 。

加常数 K 测量标准偏差 M_K 按公式（54）计算：

$$M_K = m_0 \frac{1}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (54)$$

6.11.2.3 加常数（无合作目标）

6.11.2.3.1 试验工具

同6.3.2.1。

6.11.2.3.2 试验程序

在室内相应准确度的已知长度的试验场上进行试验，反射目标为标准白板。在室内标准基线6m处安置觇板，望远镜照准标准白板中心，以此作为零点由近至远进行观测。标准白板每次移动2m，对中误差应不大于0.2mm。每点进行5次测距，取其平均值作为观测值，在测距的同时测定气温、气压等数据。连续观测 20 条边。

6.11.2.3.3 试验结果的计算

对各观测值进行气象、倾斜、加常数及乘常数等改正得距离观测值 D_i ，其误差 Δ_i 按公式（51）至公式（54）计算。

6.12 测尺频率

6.12.1 测尺频率随开机时间的变化特性

6.12.1.1 试验工具

数字频率计(准确度优于 5×10^{-8} , 或优于受检仪器测尺频率准确度一个数量级)。

6.12.1.2 试验程序

试验程序如下:

- 在稳定的室温 $15^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 下进行。先将数字频率计通电预热 1h 以上, 并将光电转换器的输出端与频率计输入端用高频电缆线连接。在仪器发射筒处安置光电转换器, 使发射光斑正落入光电转换器的接收孔内(或直接测量电路板上的频率测试点)。
- 仪器通电后立即在频率计上读取频率显示数, 每隔 1 min 读取一次, 直至开机 30 min 结束。
- 绘出测尺频率随开机时间的变化曲线。

6.12.1.3 试验结果的计算

频率变化值 Δf_i 按公式(55)计算:

$$\Delta f_i = f_0 - f_t \dots\dots\dots (55)$$

式中:

- f_0 ——仪器标称测尺频率, 单位为赫兹(Hz);
- f_t ——仪器在 t 温度下测尺的工作频率, 单位为赫兹(Hz);
- t ——仪器开机时间, 单位为赫兹(min)。

以频率变化值 Δf_i 为纵轴, 开机时间 t 为横轴, 绘出测尺频率随开机时间的变化曲线。找出开机 5min 到 30min 之间的 Δf_i 的最大值 $\Delta f_{i\max}$ 和 $\Delta f_{i\max}/f_0$ 值应符合要求。取此 25min 内频率读数的平均值作为受检仪器在该温度下的测尺频率。

6.12.2 测尺频率随温度变化漂移特性

6.12.2.1 试验工具

试验工具如下:

- 数字频率计(准确度优于 5×10^{-8} , 或优于受检仪器测尺频率准确度一个数量级);
- 恒温控制箱(室)。

6.12.2.2 试验程序

试验程序如下:

- 将受检仪器置入具有隔热玻璃的恒温控制箱(室)内, 使其发射筒对准隔热玻璃窗。并将光电转换器(或直接测量电路板上的频率测试点)的接收孔正对箱内的仪器发射筒, 使测距光束落入其内。
- 根据受检仪器的适用温度范围, 对恒温控制箱缓缓调温(或升或降)到给定的一极限温度, 持续恒温 2h, 使仪器与箱体内温度相一致。
- 数字频率计预热 1h 以上, 受检仪器预热 5 min 以上, 测量仪器测尺频率。连续 10 次读数, 取其平均值, 即为该仪器在此温度下的频率值。改变温度 5°C , 并恒温 1h, 在新的温度下重复上述操作, 直到给定温度范围的另一极限温度止。

6.12.2.3 试验结果的计算

在恒温控制箱（室）内温度 T 下测尺频率漂移量 Δf_T 按公式（56）计算：

$$\Delta f_T = f_0 - f_T \dots\dots\dots (56)$$

式中：

f_0 ——仪器标称测尺频率，单位为赫兹（Hz）；

f_T ——仪器在恒温控制箱（室）内温度 T 下的测尺频率，单位为赫兹（Hz）。

以温度 T 为横轴，频率漂移量 Δf_T 为纵轴，绘出温度—频率漂移曲线。在受检仪器适用温度范围内找出最大漂移量 Δf_{Tmax} ，其 $\Delta f_{Tmax}/f_0$ 值应符合要求。

温度频率漂移的距离修正值 ΔD_T 按公式（57）计算：

$$\Delta D_T = \frac{f_0 - f_T}{f_0} D_T \dots\dots\dots (57)$$

式中：

D_T ——仪器在恒温控制箱（室）内温度 T 下测定的距离，单位为米（m）。

6.13 测量重复性

6.13.1 试验工具

试验工具如下：

a) 反射棱镜（适用于棱镜）

b) 标准白板：KODAK CAT No.E1527795白色面或反射率90%±1%的白板，粗糙度不大于1mm，尺寸标准A4（适用于无合作目标）。

6.13.2 试验程序

在室内约50m距离的两端分别安置仪器与反射目标，操作仪器一次照准后测距，连续读数30次。试验时棱镜目标和专用白板目标应分别进行。

6.13.3 试验结果的计算

一次读数的测距标准偏差 m_0 公式（58）和公式（59）计算：

$$m_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{n-1}} \dots\dots\dots (58)$$

$$v_i = D_i - D_p \dots\dots\dots (59)$$

式中：

v_i ——第 i 次读数值与读数平均值之差，单位为毫米（mm）；

D_i ——第 i 次读数值，单位为毫米（mm）；

D_p —— n 次读数的平均值，单位为毫米（mm）；

n ——连续读数的次数。

6.14 望远镜调焦时视轴的变化

按GB/T 3161的规定进行试验。

6.15 望远镜十字丝中心附近的分辨力

按GB/T 3161的规定进行试验。

6.16 望远镜放大倍率

按GB/T 3161的规定进行试验。

6.17 望远镜竖丝对横轴的垂直度

按GB/T 3161的规定进行试验。

6.18 照准误差

按GB/T 3161规定进行试验。

6.19 横轴相对于竖轴的垂直度误差

按GB/T 3161规定进行试验。

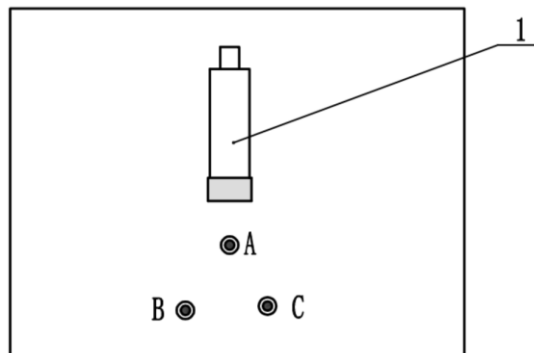
6.20 倾斜补偿器的补偿准确度

6.20.1 试验工具

带十字丝分划板的平行光管一台，十字丝分划板应有纵向及横向刻度尺。带微倾读数装置的仪器墩一个。

6.20.2 试验程序

在室内仪器升降台上安置被检仪器，如图2所示，其中一个脚螺旋A在平行光管的轴线方向，B和C为其余两个脚螺旋。平行光管和仪器大致等高，以便检测经倾斜补偿后仪器竖轴的残余误差在纵向（望远镜方向）的分量 Δ 和横向（横轴方向）的分量 Δ' 。平行光管的十字丝分划板应有纵向及横向刻度尺。



标引序号说明：

1——平行光管

A, B, C——被检仪器3个脚螺旋

图6 倾斜补偿器试验装置示意图

6.20.2.1 补偿范围

6.20.2.1.1 纵向补偿范围

按图2所示安置并整平仪器，使望远镜大致处于水平位置，顺时针转动脚螺旋A，使仪器上倾，直到垂直角读数停止变化为止，记下最后一个读数 M_1 。再逆时针转动脚螺旋A，使仪器下倾，直到垂直角读数停止变化为止，记下最后一个读数 M_2 。 $(M_2 - M_1) / 2$ 即为补偿器的补偿范围。

6.20.2.1.2 横向补偿范围

对具有竖轴双向倾斜显示的仪器，使望远镜转到与水平方向夹角为 $45^\circ \pm 10'$ 的位置并锁紧止动机构，相反方向等量调整脚螺旋B和C使仪器倾向一侧直到水平角读数停止变化为止，记下最后一个读数 M_1 。再相反方向等量调整脚螺旋B和C使仪器倾向另一侧直到水平角读数停止变化为止，记下最后一个读数 M_2 。 $(M_2 - M_1) / 2$ 即为补偿器的补偿范围。

6.20.2.2 补偿器零位误差

6.20.2.2.1 补偿器纵向零位误差

整平仪器，在望远镜旋转方向上读竖轴纵向倾斜的显示数值 L ，再旋转照准部 180° ，读竖轴纵向倾斜的显示数值 R ，取 $(L + R) / 2$ 即为补偿器的纵向零位误差，再用相应的指令将该零位误差在机内预置改正。

6.20.2.2.2 补偿器横向零位误差

对具有竖轴双向倾斜显示的仪器，整平仪器，在垂直望远镜旋转方向上读竖轴横向倾斜的显示数值 L ，再旋转照准部 180° ，读竖轴横向倾斜的显示数值 R ，取 $(L + R) / 2$ 即为补偿器的横向零位误差，再用相应的指令将该零位误差在机内预置改正。

6.20.2.3 补偿误差

6.20.2.3.1 竖直方向补偿误差

竖直方向试验步骤如下：

- 盘左位置整平仪器，用望远镜横丝精确照准平点平行光管水平丝，读取天顶距 M_1 。
- 转动脚螺旋A，使仪器上仰(仰角略小于以上测定的仪器补偿范围)后，再用竖直微动螺旋，使望远镜重新照准平点平行光管水平丝，读取天顶距 M_2 。
- 反向旋转脚螺旋，使仪器回复水平后再下倾(倾角略小于仪器补偿范围)，再用竖直微动螺旋，使望远镜重新照准平点平行光管水平丝，读取天顶距 M_3 。
- 转动脚螺旋A，使仪器回复水平，再微动望远镜精确照准平点平行光管水平丝，读取天顶距 M_4 。
- 竖直方向补偿偏差：取 $\Delta_1 = M_2 - M_1$ ， $\Delta_2 = M_3 - M_1$ ， $\Delta_3 = M_4 - M_1$ ，取其中绝对值最大者作为检测结果。

6.20.2.3.2 水平方向补偿误差

对具有竖轴双向倾斜显示的仪器，进行以下试验：

- 盘左位置整平仪器，用望远镜竖丝照准平点平行光管垂直丝，度盘置零，然后再用望远镜竖丝照准高点(与水平方向夹角约为 30°)平行光管垂直丝，读取水平方向读数 N_1 。
- 转动脚螺旋B和C，使仪器左倾 $1'30''$ 后，用望远镜竖丝照准平点平行光管垂直丝，度盘置零，然后再用望远镜竖丝照准高点平行光管垂直丝，读取水平方向读数 N_2 。
- 反向转动脚螺旋B和C，使仪器水平后向右倾 $1'30''$ 后，用望远镜竖丝照准平点平行光管垂直丝，度盘置零，然后再用望远镜竖丝照准高点平行光管垂直丝，读水平方向值 N_3 。
- 转动脚螺旋，使仪器恢复水平，用望远镜竖丝照准平点平行光管垂直丝，度盘置零，然后再用望远镜竖丝照准高点平行光管垂直丝，读水平方向值 N_4 。
- 水平方向补偿偏差：取 $\Delta_1 = N_2 - N_1$ ， $\Delta_2 = N_3 - N_1$ ， $\Delta_3 = N_4 - N_1$ ，取其中绝对值最大者为检测结果。

6.21 仪器照准部每旋转一周，基座方位移动

按GB/T 3161的规定进行试验。

6.22 水准器轴与竖轴的垂直度

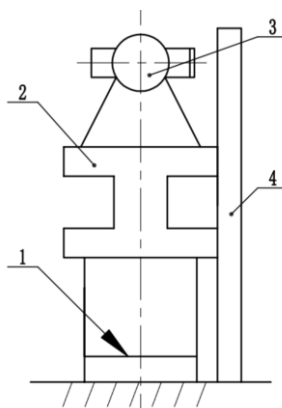
按GB/T 3161的规定进行试验。

6.23 对点器视轴相对于竖轴的同轴度误差

按GB/T 3161的规定进行试验。

6.24 自动量高试验方法

将被测仪器安置在工装上工装台面上（按图7），在工装边缘处（不影响仪器正常转动）架设0.5mm刻度的钢钢尺（钢钢尺两边均有一条毫米刻度线，两条毫米刻度线的起点相差0.5mm），在距离整个工装5米左右架设一台不低于1秒等级的经纬仪，让工装及钢钢尺在经纬仪的同一焦平面上。



标引序号说明：

- 1——工装面1；
- 2——可升降工作台（升降范围1m）；
- 3——受检仪器；
- 4——钢钢尺。

图7 自动量高试验装置示意图

试验步骤如下：

- a) 先将工装经纬仪中心高度架设到与工装面 1 大致等高的位置，将该经纬仪望远镜十字丝瞄准工装面 1 的边缘楞线，水平转动经纬仪（望远镜不动）瞄准观察钢钢尺，并用望远镜十字丝读取钢钢尺的刻度 H_{01} （估读到 0.01mm），重复此步骤再次读取 H_{02} ，按公式计算： $H_0 = (H_{01} + H_{02}) / 2$ ；
- b) 最后将工装经纬仪中心高度架设到与被测仪器中心大致等高的位置，将望远镜十字丝瞄准被测仪器中心，水平转动经纬仪（望远镜不动）瞄准观察钢钢尺，并用望远镜十字丝读取钢钢尺的刻度 H_{11} （估读到 0.01mm），重复此步骤再次读取 H_{12} ，按公式计算： $H_1 = (H_{11} + H_{12}) / 2$ ；
- c) 计算仪器中心高： $H = H_1 - H_0$ ；
- d) 打开仪器下对点测距功能进行测距（以工装面 1 为目标），得到数据 H' ，按公式计算下对点测距差值： $\Delta H = H' - H$ 。 ΔH 应满足 5.5 量高限差中表 14 的要求。

6.25 仪器伺服系统水平方向定位偏差

仪器整平，设置望远镜于天顶距 25° ，之后将水平方向置零，打开补偿功能，使用仪器自动定位功能，按 $\alpha_{\text{标}} = n \times 15^\circ$ ($n=0,1,2\dots23$)，依次转动照准部，记录24个点位的示值 α_i ，其水平方向定位标准偏差 $S_{\text{水平}}$ 按公式(60)计算：

$$S_{\text{水平}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (\alpha_n - \bar{\alpha})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (60)$$

式中：

$$\alpha_n = \alpha_i - \alpha_{\text{标}} \quad (61)$$

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{i=0}^n \alpha_n}{n+1} \quad (62)$$

6.26 仪器伺服系统垂直方向定位偏差

仪器整平，打开补偿功能，使用仪器自动定位功能，按 $\alpha_{\text{标}} = n \times 15^\circ$ ($n=0\dots23$)，依次转动望远镜筒，记录24个点位的示值 α_j ，其垂直方向定位标准偏差 $S_{\text{垂直}}$ 按公式(63)计算：

$$S_{\text{垂直}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=0}^n (\alpha_n - \bar{\alpha})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (63)$$

式中：

$$\alpha_n = \alpha_j - \alpha_{\text{标}} \quad (64)$$

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_{j=0}^n \alpha_n}{n+1} \quad (65)$$

6.27 仪器伺服系统旋转角速度

将仪器固定整平后，启动照准部旋转，旋转速度稳定后开始计时，仪器旋转 $n(n \geq 5)$ 圈时记录时间 t ，最大旋转角 v 速度按(66)计算：

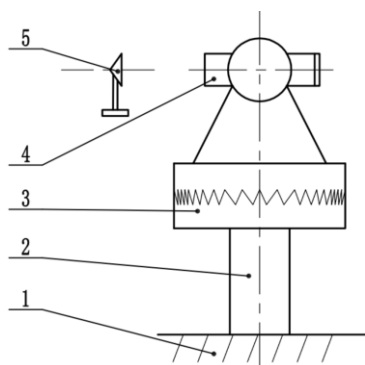
$$v = \frac{n \times 360^\circ}{t} \dots\dots\dots (66)$$

6.28 ATR 定位标准偏差

6.28.1 试验方法一（出厂检验）

6.28.1.1 ATR 一测回水平方向标准偏差

一测回水平方向标准偏差用多齿分度台（391或552齿）与棱镜组成的装置检定，检定装置如图8所示：



标引序号说明:

- 1——基座;
- 2——可调工作台;
- 3——多齿分度台;
- 4——受检仪器;
- 5——棱镜。

图8 多齿台水平角标准偏差试验装置示意图

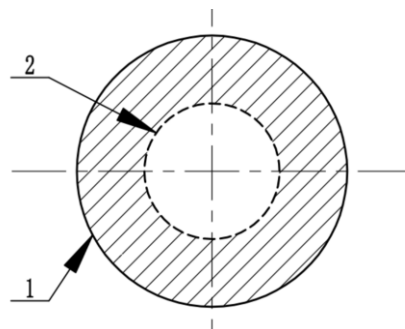
将被检仪器安置在多齿分度台上,精细调平并使仪器旋转轴与多齿分度台旋转中心同轴,其差值小于0.1mm。测回数及各测回受检点数见表16。

表16 多齿分度台法测回数及各测回受检点数

仪器等级	I	II	III	IV
测回数 (m)	2	2	1	1
受检点数 (n)	23	12	12	12

检测中,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,使用ATR自动照准固定的棱镜目标,使仪器的水平度盘读数置零,使用ATR自动照准棱镜目标2次,每次照准前,需调节仪器微动手轮,移开照准,将棱镜目标移至仪器望远镜视场范围(见图9斜线区域内),盘左分别读数,取2次读数的平均值。多齿分度台按预先布点逆时针方向旋转至第2检测位置,全站仪照准部以顺时针方向旋转并使用ATR自动照准棱镜目标2次,每次照准前,需调节仪器微动手轮,移开照准,将棱镜目标移至仪器望远镜视场范围(见图9斜线区域内),盘左分别读数,取2次读数的平均值。以同样的方法检测3, 4, ..., n位置,最后回到零位。



标引序号说明:

- 1——望远镜视场(最外侧圆圈内所有区域);
- 2——箭头所指虚线约为望远镜视场1/2处。

图9 移开照准时棱镜目标所处视场范围示意图

望远镜翻转180°，逆时针方向旋转照准部，使用ATR自动照准棱镜目标2次，每次照准前，需调节仪器微动手轮，移开照准，将棱镜目标移至仪器望远镜视场范围（见图9斜线区域）内，盘右分别读数，取2次读数的平均值。多齿分度台顺时针方向转动第2检测位置，全站仪照准部以逆时针方向旋转并使用ATR自动照准棱镜目标2次，每次照准前，需调节仪器微动手轮，移开照准，将棱镜目标移至仪器望远镜视场范围（见图9斜线区域）内，盘右分别读数，取2次读数的平均值。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_{ij} （2次读数的平均值），若归零差在限差范围内，以 α_{ij} 对应齿盘标准角值 α_s 的差值为 $\Psi_{i,j}$ 。

各受检点的分度误差 $\Psi_{i,j}$ 按公式（67）求得：

$$\Psi_{i,j} = \alpha_i - \alpha_s \dots\dots\dots (67)$$

取往测 $\Psi_{i,j}$ 和返测 $\Psi_{i,j}$ 平均值中最大值与最小值之差为测角示值误差 Δ ，按公式（68）计算：

$$\Delta = \Psi_{i,j_{max}} - \Psi_{i,j_{min}} \dots\dots\dots (68)$$

一测回水平方向标准偏差 u 按公式（69）计算，其结果应符合表2中的要求。

$$u = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \varphi_{i,j}^2}{m \cdot (n-1)}} \dots\dots\dots (69)$$

式中：

$\varphi_{i,j}$ 为方向误差，按公式（70）计算。

$$\varphi_{i,j} = \Psi_{i,j} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \Psi_{i,j} \dots\dots\dots (70)$$

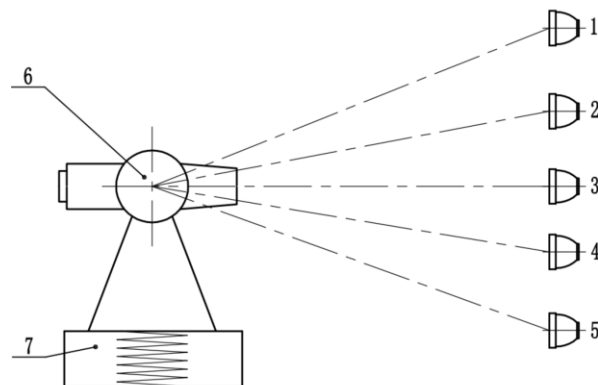
式中：

m ——测回数（ $i=1, 2, 3, \dots, m$ ）；

n ——受检点数（ $j=1, 2, 3, \dots, n$ ）。

6.28.1.2 ATR 一测回竖直角测角标准偏差

ATR一测回竖直角测角标准偏差用多目标法，装置见图10，分别在距离被检仪器30-40m处1，2，3，4，5各点设置棱镜，棱镜之间的距离不小于0.5m。将仪器安置在升降工作台上，并调整到工作状态（或天顶距为 $90^\circ \pm 10'$ ），以盘左位置自上而下依次用ATR自动照准5个目标棱镜，每个目标照准2次（照准方法同6.28.1.1），读2次数，取平均值；用同样方法在盘右自下而上依次用ATR自动照准目标棱镜（照准方法同6.28.1.1），读2次数，取平均值，此为一测回。共测4测回。



标引序号说明：

- 1~5——棱镜；
- 6——被检仪器；
- 7——升降工作台。

图10 多目标法竖直角标准偏差试验装置示意图

试验结果的计算

对于每一测回，按公式(71)计算出每个目标的竖直角 $\alpha_{i,j}$ ：

$$\alpha_{i,j} = \frac{1}{2}(R_{i,j} - L_{i,j} - 180^\circ) \dots\dots\dots (71)$$

式中：

$R_{i,j}$ ——第 i 测回第 j 个目标盘右位置的竖盘测量值；

$L_{i,j}$ ——第 i 测回第 j 个目标盘左位置的竖盘测量值。

共测 m 个测回，每个目标竖直角测得值的平均值 $\bar{\alpha}_j$ 按公式(72)计算：

$$\bar{\alpha}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \alpha_{i,j} \dots\dots\dots (72)$$

式中：

一测回竖直角标准偏差 $v_{i,j}$ 按公式(73)和(74)求得：

$$\mu_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n v_{i,j}^2}{m \cdot (n-1)}} \dots\dots\dots (73)$$

$$v_{i,j} = \alpha_{i,j} - \bar{\alpha}_j \dots\dots\dots (74)$$

式中：

m ——测回数 ($i=1, 2, 3, 4$) ；

n ——目标数 ($j=1, 2, 3, 4, 5$) 。

6.28.2 试验方法二（型式试验）

在观测墩周围约200m的范围内，等距离建立4个镜站。镜站要求稳定可靠，背景暗淡，没有折光。棱镜间的夹角宜大于30°，其布局如图11所示。

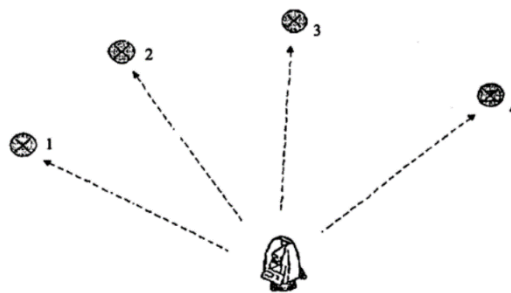


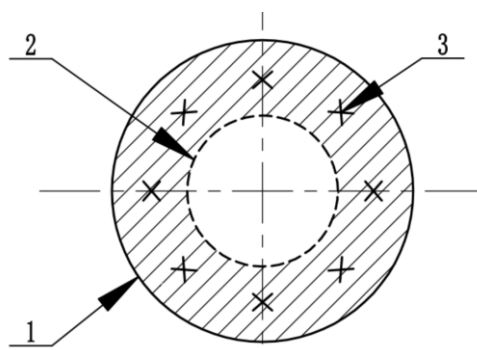
图11 ATR 测试场地示意图

试验应在无背景杂光，能见度良好且无明显热闪烁的观测条件下进行，采用计算机专用软件或机载多测回测角软件进行自动化观测，4个目标正倒镜共进行12个测回，分别按6.1规定的方法计算一测回水平方向标准偏差和6.2规定的方法计算一测回垂直方向标准偏差。

6.29 ATR 工作范围

仪器设置室内自动目标照准模式,在仪器标称最近距离位置设置标准圆棱镜目标,人工进行粗照准,将目标置于望远镜视场范围内(如图8),启动测距,仪器能自动照准棱镜目标中心,以上重复8次(8次粗照准位置见图8,确保图示8个方向数据均有效),记录水平角和垂直角读数,计算水平角标准偏差和垂直角标准偏差不大于5.2.6.3的要求。

在能见度20km,背景光照度不大于5000lx,无雾和无阳光直射的天气条件下,仪器设置室外自动目标照准模式,人工粗照准仪器标称最远距离标准圆棱镜目标(仪器标称最远距离),将目标置于望远镜视场边缘视场范围内(如图12斜线区域),启动测距,仪器能自动照准棱镜目标中心,以上重复8次,8次粗照准位置见图12(斜线范围内,8个位置约呈45°),记录水平角和垂直角读数,计算水平角标准偏差和垂直角标准偏差不大于5.2.6.3的要求。



标引序号说明:

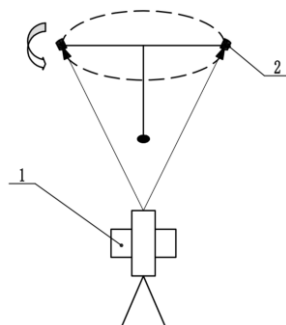
- 1——望远镜视场(最外侧圆圈内所有区域);
- 2——箭头所指虚线约为望远镜视场1/2处;
- 3——仪器照准位置(8处)。

图12 自动照准棱镜目标位置示意图

6.30 自动跟踪速度

6.30.1 试验工具

ATR跟踪速度专用测试工装,测试工装上的360°棱镜旋转半径不小于0.8m,如图13所示:



标引序号说明:

- 1——被检仪器;
- 2——棱镜。

图13 跟踪速度试验装置示意图

6.30.2 试验方法

在室内无空气抖动、无其他反射光源干扰的条件下，仪器设置为自动跟踪模式，用望远镜照准距离仪器20m处跟踪速度专用测试工装上的360°棱镜，棱镜旋转半径不小于0.8m，缓慢调节跟踪速度专用测试工装的转速，记录仪器能够连续跟踪360°棱镜的最高转速，按公式(75)折算成角速度应大于5.2.6.5的要求。

$$V_{max} = \frac{\pi R}{30} N_{max} \dots\dots\dots (75)$$

式中：

V_{max} ——最大跟踪速度，单位为米每秒（m/s）；

R——360°棱镜旋转半径，单位为米（m）；

N_{max} ——跟踪速度仪器能够连续跟踪目标的最高转速，单位为每分钟圈数（rpm）。

6.31 超级搜索测程

在背景光照度不大于5000lx，无雾和无阳光直射环境中，仪器整平后，将棱镜架设在距仪器标称最远距离处，启动超级搜索功能，应在标称的搜索时间内有效搜索并识别出棱镜。

6.32 超级搜索时间

仪器整平后，将棱镜分别架设在距仪器标称最远距离处，且棱镜置于标称可搜索范围内，将望远镜转动至与棱镜水平方向夹角180°位置，启动超级搜索功能，正常搜索棱镜，记录正常搜索到棱镜的时间，重复上述操作3次，取平均值，不大于标称时间；最近距离处按以上方式操作，搜索时间不大于标称时间。

6.33 超级搜索俯仰角

将棱镜架设在距仪器标称距离处，棱镜与仪器中心大致保持在同一水平面，仪器打开软件开启超级搜索功能，搜索成功后记录此刻垂直角度数据，再将仪器在此角度下，分别将测距头上仰/下俯视标称角度，然后进行搜索，仪器应正常搜索到棱镜。

6.34 仪器表面质量

按要求目视试验。

6.35 显示

开机后按要求用手感及目视试验。

6.36 测量操作模式、补偿功能显示

开机后按要求操作及目视试验。

6.37 参数校正

开机后按要求操作及目视试验。

6.38 电源低压报警

开机后逐步降低供电电压，在关机前应有低电压报警提示。

6.39 数据传输

开机后按要求操作及目视试验。

6.40 运动部件质量

开机后按要求用手感及目视试验。

6.41 操作键盘质量

开机后按要求操作及目视试验。

6.42 可拆卸机构

按要求操作及目视试验。

6.43 望远镜内调焦

按要求用手感及目视试验。

6.44 激光出射功率

6.44.1 试验程序

试验程序如下：

- a) 检验在室内常温下进行。在检验区域内无可感到的空气波动、无影响测量数据的电磁干扰和背景辐射干扰。
- b) 启动仪器被测激光器，使其处于常亮模式。将安置在50mm以内的光功率计的探头垂直对准激光光束，上下左右移动探头使激光光束完全位于探头内且位于探头的中心位置，读取光功率计的读数。

6.44.2 试验结果的计算

取5次测量结果的最大值作为激光出射功率测量值 P_s 。

6.45 通讯接口

用仪器标配线缆进行有线连接与通讯测试，使用标准无线通讯设备（蓝牙、WIFI等）进行无线连接与通讯测试。

6.46 接口线缆和接插件连接要求

按要求操作及目视试验。

6.47 电源适应性

开机后按要求操作及目视试验。

6.48 续航时间

仪器整平后，使用充满电的电池开机，每30s进行一次测距，对于自动型仪器，测距前自动换面。直至自动关机，并记录开机到关机的时长。

6.49 软件

开机后按要求操作及目视试验。

6.50 基座互换性

按要求更换基座，按6.1和6.2的方法进行试验。

6.51 电池互换性

按要求操作及目视试验。

6.52 配件互换性

按要求操作及目视试验。

6.53 激光安全要求

根据GB/T 7247.1-2024检查及目视试验。

6.54 电源安全要求

按要求进行操作及目视试验。

6.55 电源环保

按 GB/T 26572 测试有害物质含量。

6.56 工作温度

6.56.1 高温试验

6.56.1.1 试验工具

高、低温箱一只。

6.56.1.2 试验程序

将仪器置于高温箱中，开启高温箱开关，以每分钟不大于1℃的升温速度升至50℃±2℃，保温2h。仪器各项功能正常，电镀及油漆表面有无脱皮或起泡，光学零件无异常，各转动部分无不灵活现象。

6.56.2 低温试验

6.56.2.1 试验工具

同6.56.1.1。

6.56.2.2 试验程序

将仪器置于高温箱中，开启高温箱开关，以每分钟不大于1℃的升温速度升至-20℃±2℃，保温2h。仪器各项功能正常，电镀及油漆表面有无脱皮或起泡，光学零件无异常，各转动部分无不灵活现象。

6.57 湿热环境

按GB/T 25480的规定进行试验。

6.58 储存温度

按GB/T 25480的规定进行试验。

6.59 冲击振动

按GB/T 25480的规定进行试验。

6.60 正弦振动

按GB/T 12085.3-2010中4.7的规定进行试验。

6.61 跌落

按GB/T 25480的规定进行试验。

6.62 外壳保护

按GB/T 4208-2017中要求的方法进行试验。

6.63 静电放电抗扰度试验

按GB/T 17626.2-2018的要求进行试验。

6.64 射频电磁场辐射抗扰度试验

按GB/T 17626.3-2023的要求进行试验。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品的检验分为出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 出厂检验为全数检验。

出厂检验的项目为5.1.1~5.1.4、5.2、5.3.1~5.3.7、5.3.11.1、5.3.11.4。

7.2.2 判定规则

如有一项指标达不到规定要求时,即为不合格。

7.3 型式检验

型式检验一般规定为每2年不少于1次。产品在下列情况之一时,应进行型式检验:

- a) 产品转生产的试制定型鉴定;
- b) 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改进,可能影响产品性能时;
- c) 正常生产时,定期或积累一定产品后,应1年进行一次检验;
- d) 产品长期停产后,恢复生产时;
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

7.3.1 型式检验应包括本标准所规定的全部项目,检验的样本应从出厂检验合格的产品中随机抽取。

7.3.2 型式检验抽样采用GB/T 2829中的一次抽样方案,各类不合格数以项目计。各类不合格项目类别、判别水平DL、不合格质量水平RQL和抽样方案见表17。

表17 抽样方案表

不合格类别	项 目	RQL	抽样方(n A。 ,R。)	DL
A	5.1.1、5.1.2、5.1.3	30	3 (0,1)	I
B	5.1.4、5.2.1.1、5.2.1.3、5.2.2、5.2.3.1~5.2.3.3、 5.2.6.1、5.2.6.4、5.3.11.1、5.3.11.4	65	3 (1,2)	I
C	5.2.1.2、5.2.3.4、5.2.3.5、5.2.4、5.2.5、 5.2.6.2、5.2.6.3、5.2.6.5、5.2.6.6、5.3.1~5.3.7、 5.3.11.2、5.3.11.3、5.3.11.5~5.3.11.7	100	3 (2,3)	I

7.3.3 型式检验的受试样品在按 GB/T 25480 的要求进行环境条件试验后，各项技术要求仍应符合标准的规定。

7.3.4 经过型式检验后的样品，不经过整理不得作为合格品出厂。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 仪器上应标有产品名称、型号、商标、公司名称和仪器编号，带激光的应有激光警示标志。

8.1.2 说明书和包装箱上也应标注产品名称、商标、公司名称、详细地址等标识。

8.2 包装

仪器的包装应符合GB/T 13384的有关规定。

包装储运图示标志应按照 GB/T 191 的规定运输

8.3 运输

8.3.1 搬运和放置按照运输箱上的标志进行，严格遵守搬运和运输上的一切规则。

8.3.2 不允许和易燃、易爆、易腐蚀的物品同车装运。

8.3.3 装车齐整、平稳、牢固、不得超高、超重。

8.3.4 运输时有防雨、防日晒、防撞击和防跌落措施。

8.4 贮存

8.4.1 产品入库前应进行检查。

8.4.2 库房应具有良好的通风、隔热、保温、排水、防震、防火等设施。

附录 A

(资料性附录)

测试程序示例

A.1 x、y 坐标测量

表A.1展示了按完整测试规程获取的观测数据样本。

表 A.1 测量数据记录表

单位：米

序号	观测站 i	目标点 j	测回 k	望远镜面	X 坐标	Y 坐标	Z 坐标
1	1	1	1	I	57.053	50.000	10.902
2		2			1.469	39.157	13.120
3		3			39.425	-2.997	10.641
4		1	2	II	57.053	50.001	10.902
5		2			1.470	39.159	13.121
6		3			39.426	-2.998	10.640
7		1	3	I	57.054	50.001	10.902
8		2			1.468	39.156	13.120
9		3			39.427	-2.997	10.640
10		1	4	II	57.054	50.000	10.902
11		2			1.470	39.158	13.121
12		3			39.428	-2.998	10.640
13	2	1	1	I	23.040	96.697	8.837
14		2			45.141	44.555	11.056
15		3			78.535	90.411	8.576
16		1	2	II	23.042	96.698	8.834
17		2			45.142	44.555	11.056
18		3			78.534	90.412	8.576
19		1	3	I	23.040	96.697	8.835
20		2			45.140	44.555	11.056

序号	观测站 i	目标点 j	测回 k	望远镜面	X 坐标	Y 坐标	Z 坐标
21		3			78.534	90.412	8.574
22		1	4	II	23.040	96.696	8.834
23		2			45.140	44.555	11.056
24		3			78.534	90.412	8.574
25	1	1			I	74.685	92.755
26	2		18.066	93.974		13.922	
27	3		46.198	44.716		11.442	
28	3	1	2	II	74.686	92.752	11.703
29		2			18.068	93.975	13.922
30		3			46.198	44.715	11.442
31		1	3	I	74.687	92.752	11.703
32		2			18.068	93.976	13.922
33		3			46.199	44.715	11.442
34		1	4	II	74.689	92.751	11.701
35		2			18.068	93.975	13.923
36		3			46.199	44.715	11.442
观测员: *** 气象条件: 晴, 29° C, 1006hPa 仪器型号: RS** 900020 观测日期: 2025 年 10 月 18 日							

A.2 计算过程

A.2.1 x、y 坐标

根据公式 (13) 计算各边平均长度:

$$L_1 = 56.7267 \text{米}$$

$$L_2 = 55.8499 \text{米}$$

$$L_3 = 56.6321 \text{米}$$

根据公式 (18) 计算各测站重心坐标:

$$\text{测站1}(x_{g,1}, y_{g,1}): (32.6501 \text{米}, 28.7202 \text{米})$$

$$\text{测站2}(x_{g,2}, y_{g,2}): (48.9054 \text{米}, 47.2213 \text{米})$$

$$\text{测站3}(x_{g,3}, y_{g,3}): (46.3176 \text{米}, 77.1476 \text{米})$$

表 A.2 坐标转换结果

(根据公式(19)和公式(20)计算得出, 此处表格内容需补充完整数据)

表 A.2 数学模型重心坐标

单位: 米

观测站 i	测回 k	$X_{t,i,1,k}$	$Y_{t,i,1,k}$	$X_{t,i,2,k}$	$Y_{t,i,2,k}$	$X_{t,i,3,k}$	$Y_{t,i,3,k}$
1	1	4.6245	12.5063	61.2566	12.5063	32.0691	61.1479
1	2	4.6245	12.5063	61.2566	12.5063	32.0691	61.1479
1	3	4.6245	12.5063	61.2566	12.5063	32.0691	61.1479
1	4	4.6245	12.5063	61.2566	12.5063	32.0691	61.1479
2	1	20.8799	61.0074	77.5120	61.0074	48.3244	109.6490
2	2	20.8799	61.0074	77.5120	61.0074	48.3244	109.6490
2	3	20.8799	61.0074	77.5120	61.0074	48.3244	109.6490
2	4	20.8799	61.0074	77.5120	61.0074	48.3244	109.6490
3	1	18.2920	60.9337	74.9241	60.9337	45.7366	109.5753
3	2	18.2920	60.9337	74.9241	60.9337	45.7366	109.5753
3	3	18.2920	60.9337	74.9241	60.9337	45.7366	109.5753
3	4	18.2920	60.9337	74.9241	60.9337	45.7366	109.5753

表 A.3 旋转后坐标

根据公式(24)和(25)计算得出:

表 A.3 数学模型顶点坐标

单位: 米

观测站 i	测回 k	$X_{m,i,1,k}$	$Y_{m,i,1,k}$	$X_{m,i,2,k}$	$Y_{m,i,2,k}$	$X_{m,i,3,k}$	$Y_{m,i,3,k}$
1	1	57.0529	49.9998	1.4685	39.1571	39.4289	-2.9964
1	2	57.0539	49.9987	1.4690	39.1586	39.4274	-2.9968
1	3	57.0530	49.9997	1.4685	39.1573	39.4287	-2.9965
1	4	57.0536	49.9990	1.4688	39.1581	39.4279	-2.9967
2	1	23.0401	96.6970	45.1410	44.5555	78.5351	90.4112
2	2	23.0408	96.6980	45.1398	44.5556	78.5356	90.4101
2	3	23.0399	96.6968	45.1414	44.5554	78.5350	90.4116
2	4	23.0399	96.6968	45.1414	44.5554	78.5350	90.4116

观测站 i	测回 k	$X_{m,i,1,k}$	$Y_{m,i,1,k}$	$X_{m,i,2,k}$	$Y_{m,i,2,k}$	$X_{m,i,3,k}$	$Y_{m,i,3,k}$
3	1	74.6859	92.7539	18.0670	93.9740	46.1998	44.7149
3	2	74.6867	92.7525	18.0678	93.9754	46.1982	44.7149
3	3	74.6868	92.7524	18.0679	93.9755	46.1981	44.7149
3	4	74.6869	92.7521	18.0681	93.9758	46.1978	44.7149

残差平方和按公式(28)计算:

$$\sum r_{xy}^2 = 0.0000616 \text{ m}^2$$

平面坐标实验标准偏差按公式(30)和(31)计算:

$$s_{XY} = 0.00110 \text{ m}$$

平面坐标标准不确定度

$$u_{ISO-TS-XY} = 0.00110 \text{ m}$$

A.2.2 z 坐标计算

表A.4 根据公式(32)至公式(35)计算:

表 A.4 数学模型顶点坐标

单位: 米

观测站 i	测回 k	T1-T2 高差 $d_{z,i,2,k}$ m	T1-T3 高差 $d_{z,i,3,k}$ m	T1-T2 残差 $r_{z,i,2,k}$ m	T1-T3 残差 $r_{z,i,3,k}$ m	T1-T2 残差平方 $r_{z,i,2,k}^2$ m ²	T1-T3 残差平方 $r_{z,i,3,k}^2$ m ²
1	1	2.218	-0.261	-0.00175	-0.00025	0.0000031	0.0000001
	2	2.219	-0.262	-0.00075	-0.00125	0.0000006	0.0000016
	3	2.218	-0.262	-0.00175	-0.00125	0.0000031	0.0000016
	4	2.219	-0.262	-0.00075	-0.00125	0.0000006	0.0000016
2	1	2.219	-0.261	-0.00075	-0.00025	0.0000006	0.0000001
	2	2.222	-0.258	0.00225	0.00275	0.0000051	0.0000076
	3	2.221	-0.261	0.00125	-0.00025	0.0000016	0.0000001
	4	2.222	-0.260	0.00225	0.00075	0.0000051	0.0000006
3	1	2.219	-0.261	-0.00075	-0.00025	0.0000006	0.0000001
	2	2.219	-0.261	-0.00075	-0.00025	0.0000006	0.0000001
	3	2.219	-0.261	-0.00075	-0.00025	0.0000006	0.0000001
	4	2.222	-0.259	0.00225	0.00175	0.0000051	0.0000031
高差统计量	$\sum d_{z,i,j,k}$	26.637	-3.129				

观测站 i	测回 k	T1-T2 高差 $d_{z,i,2,k}$ m	T1-T3 高差 $d_{z,i,3,k}$ m	T1-T2 残差 $r_{z,i,2,k}$ m	T1-T3 残差 $r_{z,i,3,k}$ m	T1-T2 残差平方 $r_{z,i,2,k}^2$ m ²	T1-T3 残差平方 $r_{z,i,3,k}^2$ m ²
		$a_{z,2}$	$a_{z,3}$				
平均高差值		2.2198	-0.2607				

高程测量标准不确定度按公式(39)计算:

$$u_{ISO-TS-Z} = 0.00098m$$

A.3 统计检验

A.3.1 问题a)的统计检验

平面坐标检验:

制造商指标: $\sigma = 5.0\text{mm}$

实测值: $u_{ISO-TS-XY} = 1.10\text{mm}$

自由度: $\nu_{XY} = 51$

判定条件: $1.10\text{mm} \leq 5.0\text{mm} \times 1.16 \rightarrow 1.10\text{mm} \leq 5.8\text{mm}$

检验结论:

在95%置信水平下, 不能拒绝“实验标准偏差1.10mm小于等于制造商标称值5.0mm”的原假设。

高程检验:

制造商指标: $\sigma = 5.0\text{mm}$

实测值: $u_{ISO-TS-Z} = 0.98\text{mm}$

自由度: $\nu_Z = 22$

判定条件: $0.98\text{mm} \leq 5.0\text{mm} \times 1.24 \rightarrow 0.98\text{mm} \leq 6.2\text{mm}$

检验结论:

在95%置信水平下, 不能拒绝“实验标准偏差0.98mm小于等于制造商标称值5.0mm”的原假设。

A.3.2 问题b)的统计检验

平面坐标检验:

第一组实验标准差 $s = 1.10\text{mm}$

第二组实验标准差 $\hat{s} = 1.15\text{mm}$

自由度 $\nu_{XY} = 51$

判定范围:

$$0.57 \leq \frac{1.22\text{mm}^2}{1.32\text{mm}^2} \leq 1.74$$

$$0.57 \leq 0.92 \leq 1.74$$

检验结论:

在95%置信水平下, 不能拒绝“实验标准差1.10mm与1.15mm属于同一总体”的原假设。

高程检验:

第一组实验标准差: $s = 0.98\text{mm}$

第二组实验标准差: $\hat{s} = 1.15\text{mm}$

自由度: $\nu_Z = 22$

判定范围:

$$0.42 \leq \frac{0.96\text{mm}^2}{1.32\text{mm}^2} \leq 2.36$$
$$0.42 \leq 0.73 \leq 2.36$$

检验结论:

在95%置信水平下，不能拒绝“实验标准差0.98mm与1.15mm属于同一总体”的原假设。

参 考 文 献

- [1] GJB 5073 全站型电子速测仪
 - [2] JJG 703 光电测距仪
 - [3] ISO 17123-3 Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 3: Theodolites
 - [4] ISO 17123-5 Optics and optical instruments — Field procedures for testing geodetic and surveying instruments — Part 5: Total stations
-