

广西壮族自治区地方计量技术规范

JJF (桂) XX-202X

数字水准仪检定装置校准规范

Calibration Specification For Digital Level Verification Devices

(征求意见稿)

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

广西壮族自治区市场监督管理局 发布

数字水准仪检定装置校准规范

Calibration Specification For Digital Level
Verification Devices

JJF（桂） ××—202X

归 口 单 位：广西壮族自治区市场监督管理局

主要起草单位：广西壮族自治区计量检测研究院

参加起草单位：西安理工大学

本规程委托广西壮族自治区计量检测研究院负责解释

目 录

引 言	(III)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 平行光管水平准线偏差	(2)
4.2 多目标偏离准线误差	(2)
4.3 条码分划板视距误差	(2)
4.4 条码分划板标高误差	(2)
4.5 二维微倾台	(2)
4.5.1 二维微倾台的倾斜范围	(2)
4.5.2 二维微倾台的示值误差	(3)
4.6 标准条码分划误差标准差	(3)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 测量标准及其他设备	(3)
6 校准项目和校准方法	(4)
6.1 外观及相互作用	(4)
6.1 平行光管水平准线偏差	(4)
6.2 多目标偏离准线误差	(4)
6.3 视距测量标准偏差	(4)
6.4 条码分划板视距误差	(5)
6.5 条码分划板标高误差	(5)
6.6 二维微倾台的倾斜范围	(6)
6.7 二维微倾台的示值误差	(6)
6.8 标准条码分划误差标准差	(6)
7 校准结果的表达	(6)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A 数字水准仪检定装置推荐的比对溯源法	(7)
附录 B 原始记录及计算示例	(9)
附录 C 校准证书内容(内页)格式	(13)
附录 D 测量结果不确定度评定示例	(14)

引 言

JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》、JJF1094-2002《测量仪器特性评定》共同构成支撑本规范制订的基础性系列规范。

本规范为首次制订。

数字水准仪检定装置校准规范

1 范围

本规范适用于应用双目标进行测量的各类数字水准仪检定装置的校准，包括自准直式内置标准条码分划板的平行光管法数字水准仪检定装置及标准条码尺外业模拟法的综合数字水准仪检定装置的校准。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG960—2012 水准仪检定装置

JJG425—2003 水准仪

JJG (测绘) 2101—2013 数字水准仪

GB/T 10156-2009 水准仪

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

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

3 概述

数字水准仪检定装置主要通过双目标法，提供建立一条水平基准线，并结合相应的测量距离形成一体化多目标的专用标准设备。该装置主要用于各类型数字水准仪的检定或校准。数字水准仪检定装置中的双目标形式可由内置标准条码的平行光管组成（见图 1-1），亦可选用符合要求的标准条码尺作为目标标准器（见图 1-4）。

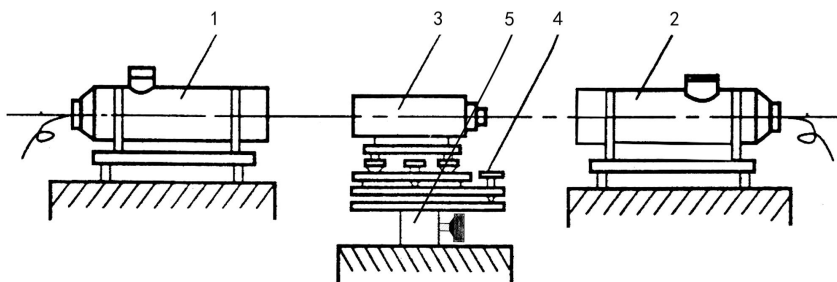


图 1-1 内置标准条码的平行光管（A、B 双目标）

1—平行光管 A；2—平行光管 B；

3—数字水准仪；4—二维微倾台；5—升降工作台

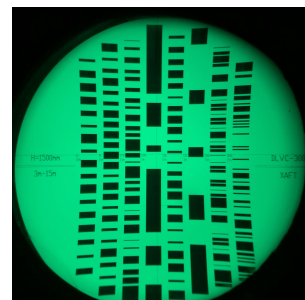


图 1-2 内置标准条码视场图

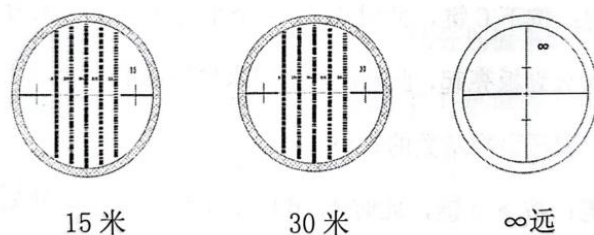


图 1-3 内置标准条码视场结构图

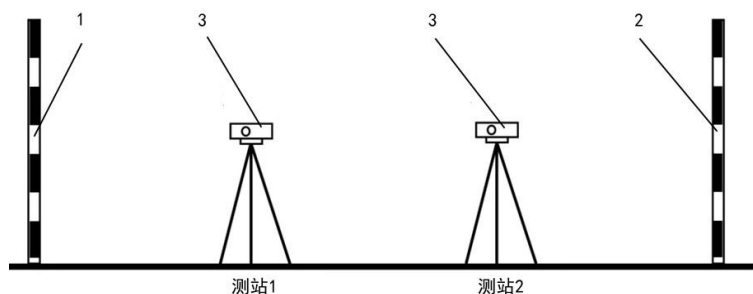


图 1-4 适配标准条码水准标尺的 A、B 双目标

1—标准条码水准标尺 A；2—标准条码水准标尺 B；3—数字水准仪

4 计量特性

4.1 平行光管水平准线偏差

双目标的平行光管按要求建立的水平基准线，需满足其水平准线偏差 $\leq 2''$ 。

4.2 多目标偏离准线误差

数字水准仪检定装置按校准需求需设立 3 米、15 米、27 米、30 米、33 米及无穷远的多个测量目标，校准过程中方可按相应的数字水准仪校正方法（机载校正模式）进行多目标的选择，多目标偏离准线误差应满足 $\leq 0.2\text{mm}$ 。

4.3 条码分划板视距误差

数字水准仪检定装置提供的视线距离亦可称为测量距离，其相应影响其他指标的换算结果，作为装置提供的重要指标之一，视距测量标准偏差应 $\leq 10\text{cm}$ 。

4.4 条码分划板标高误差

数字水准仪检定装置中内置的条码分划影像分划板，其条码分划作为标高测量的参考值，近、远目标的标高分划板应提供一致的高度测量值，每个条码分划板的标高误差应 $\leq 0.3\text{mm}$ 。

4.5 二维微倾台

4.5.1 二维微倾台的倾斜范围

具备升降功能的二维微倾台应有足够的行程范围，以保证各种数字水准仪在测量时数字水准仪光轴与装置的光轴能达到同等高度。其在二维调整范围里应满足倾斜范围 $\geq 30'$ 。

4.5.2 二维微倾台的示值误差

具备升降功能的二维微倾台在倾斜范围内其示值的最大允许误差为 $\pm 0.3'$ 。

4.6 标准条码分划误差标准差

采用标准因瓦条码水准标尺作为测量目标所建立的两尺标高差应稳定。作为标准器的因瓦条码水准标尺需立尺铅锤地面，以避免因扶尺不正带来的倾斜影响。各目标的因瓦条码水准标尺应均满足标准条码的分划误差标准差 $\leq 13\mu\text{m}$ 。

表 1 计量性能要求

序号	校准项目	技术指标
1	水平准线偏差	$\leq 2''$
2	多目标偏离偏差准线误差	$\leq 0.2\text{mm}$
3	条码分划板视距误差	$\leq 8\text{cm}$
4	条码分划板标高误差	$\leq 0.3\text{mm}$
5	二维微倾台倾斜范围	$\geq 30'$
6	二维微倾台的示值误差	$\pm 0.3'$
7	标准条码分划误差标准差	$\leq 13\mu\text{m}$

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 校准时，环境温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，温度变化 $\leq 1^\circ\text{C}/\text{小时}$ ；相对湿度 $\leq 70\%\text{RH}$ 。

5.1.2 测量时周围无影响装置正常工作的电磁干扰和机械振动。确保无影响校准结果的气流、外部辐射（如日光、外部热源）。

5.2 测量标准及其他设备

测量标准及其他设备见表 2，允许使用满足测量结果不确定度要求的其他仪器设备。

表 2 测量标准及其他设备

序号	设备名称	技术要求
1	精密水准仪	DSZ05 级； i 角 $\leq 2''$ （双摆）
2	全站仪	I 级
3	数字水准仪	DSZ05 级
4	因瓦条码水准标尺	条码分划标准差 $\leq 13\mu\text{m}$
5	数显倾角仪（数字水平仪）	分度值 0.001°

6	条码水准标尺综合测量系统	$U=0.07\mu\text{m}+0.07\times 10^{-6}L \quad (k=2)$
注：以上设备可在满足校准要求的前提下选择使用。亦可用扩展不确定度（ $k=2$ ）不大于被检仪器该项指标 1/3 的其他标准设备进行校准。		

6 校准项目和校准方法

6.1 外观及相互作用

校准前应目视及开机检查装置的运行情况，装置不应有影响计量特性的缺陷。数字水准仪检定装置的平行光管视场亮度均匀，分划板成像清晰，分划板水平线应保持水平，各光学零件不应有脱胶、霉斑等影响读数的其他缺陷。各测量目标在装置的测量行程内应运行平稳顺畅。外业模拟法的场地需满足相应的距离要求方可开展校准。

6.2 平行光管水平准线偏差

水平准线偏差可采用 JJG960—2012《水准仪检定装置》中 5.3.6 的规定方法。本规范提供一种更为便捷易操作的校准方法，即用高精度 DSZ05 级数字水准仪（其数字 i 角 $\leq 0.5''$ ）通过测量双目标平行光管 A、B 管的近、远目标，获得各测量点的标高值，通过相应距离计算出近目标、远目标其光心连线形成的水平准线偏差。

首先选择目标平行光管 A，将被检装置调至无穷远目标位置上，升降工作台将数字水准仪望远镜中十字丝横丝对准被检装置分划板的十字丝横丝；然后将被检装置调至近目标如 15m 处，将数字水准仪调焦后对准 15m 分划板横丝照准，反复调整近距离 15m 目标、无穷远目标均大致符合。目标平行光管 B 也同理按上述方法调整。

将 DSZ05 级数字水准仪照准平行光管的 A 管的近点 15m，继而旋转数字水准仪 180° 照准平行光管 B 管远点 30m，此为测站 1 的测量；接着模拟搬站，将 DSZ05 级数字水准仪照准 B 管近点 15m，再次翻转数字水准仪 180° 照准 A 管 30m，此为测站 2。按照公式（1）来计算水平准线偏差，计算实例见附录 B 表 B.1。

$$i = \arctan \frac{(h_A - h_B) - (h'_A - h'_B)}{(D_{1A} - D_{1B}) - (D_{2A} - D_{2B})} \cdot \rho \quad (1)$$

式中：

i ——数字水准仪检定装置水平准线偏差；

h_A ——测站 1 中，数字水准仪瞄准平行光管 A 条码影像读数得到标高读数；

h_B ——测站 1 中，数字水准仪瞄准平行光管 B 条码影像读数得到标高读数；

h'_A ——测站 2 中，数字水准仪瞄准平行光管 A 条码影像读数得到标高读数；

h'_B ——测站 2 中，数字水准仪瞄准平行光管 B 条码影像读数得到标高读数；

ρ ——206265''

也可采用 JJG425-2003《水准仪》中 6.3.10 中的方法校准，选用带测微功能的平行光管广角目镜按三管法进行校准测量，得到双目标平行光管的水平准线偏差。

6.3 多目标偏离准线偏差

多目标偏离了准线偏差采用具有 0.05mm/格测微器的精密水准仪（双摆）对被检装置中的近目标 15m、远距离 30m 分划板进行测量。反复调整精密水准仪（双摆）视准轴与平

行光管的光轴直至重合，将数字水准仪检定装置设为无穷远目标 ∞ 档，将精密水准仪调焦手轮瞄准符合后，依次测量 15m 分划板横丝，30m 分划板横丝，得到读数 a_I 、 b_I ；然后反行程测量 30m 分划板横丝，15m 分划板横丝，得到读数 a_{II} 、 b_{II} ；两个平行光管需分别测量光管中正反行程的每个测量点，共测量 2 个测回，取平均值中最大差值作为该装置的多目标偏离准线偏差。

$$\Delta_{\text{近}} = \frac{a_I + a_{II}}{2} ; \quad \Delta_{\text{远}} = \frac{b_I + b_{II}}{2} \quad (2)$$

$$\Delta_{\text{多}} = 0.05 \times \Delta_{\text{max}} \quad (3)$$

式中：

$\Delta_{\text{多}}$ ——多目标偏离准线水平准线偏差值 (mm)；

$\Delta_{\text{近}}$ ——近距离 15 米分划板相对水平准线偏差值 (格)；

$\Delta_{\text{远}}$ ——远距离 30 米分划板相对水平准线偏差值 (格)；

Δ_{max} —— $\Delta_{\text{近}}$ 、 $\Delta_{\text{远}}$ 两者最大差值；

计算实例见附录 B 表 B. 2。

6.4 条码分划板视距误差

针对数字水准仪检定装置中两个典型距离分划目标进行视距测量，将全站仪安平居中置于升降工作台上，使全站仪与被检装置的光轴高度大致相同，分别测量平行光管中分划板的上边缘、下边缘角形成的视场夹角，通过测量各分划板的视场夹角换算得到的视距测量值与标准视距值进行计算，获得条码分划板的视距误差。对于有上、下丝公差带分划线的分划板，则相应测量分划板这种上丝中线、下丝中线的视场夹角值。

当采用标准条码尺外业模拟法时，若不具备升降工作台，可选用全站仪对目标 A 尺、B 尺的近距离 15m、远距离 30m 的视距值进行测量。按下式计算得到偏差最大值作为装置的条码分划板视距误差。

$$\Delta D = D_i - D_0 \quad (4)$$

式中：

ΔD ——条码分划板视距误差 (m)；

D_i ——每个目标第 i 次视距测量值 (m)；

D_0 ——数字水准仪 (或全站仪) 测量视距参考值 (m)；

计算实例见附录 B 表 B. 3。

当平行光管中条码分划的视距参考值无法具体获得时，也可用视距平均值作为视距参考值进行校准。

6.5 条码分划板的标高误差

平行光管中的条码分划，近、远目标都是选取同一段码值作为目标高度参考值；将 DSZ05 级的数字水准仪分别照准各目标获得的标高测量值与参考值进行计算，得到条码分划标高误差。若条码分划未有参考标准值，也可将多次测量平均值作为标高参考值进行计算。按下式计算得到偏差最大值作为条码分划板的标高误差。

$$\Delta h = h_i - h_0 \quad (5)$$

式中:

Δh ——条码分划板标高误差 (m);

h_i ——每个目标第 i 次标高测量值 (m);

h_0 ——条码分划板标高参考值 (m);

计算实例见附录 B 表 B. 4。

6.6 二维微倾台的倾斜范围

将二维微倾台调平, 数显倾角仪先后两次吸附在微倾台的两个相互垂直的方向上 (比如前后和左右方向)。倾角仪设置为绝对测量模式, 分别向前后和左右方向倾斜微倾台, 读取倾角仪在倾斜方向上正反方向的最大读数, 取其绝对值的最小值作为该倾斜方向的测量范围, 最后取两个倾斜方向上的最小测量范围作为校准结果。

6.7 二维微倾台的示值误差

将二维微倾台调平, 数显倾角仪 (或数字水平仪) 吸附在微倾台上, 并设置为绝对测量模式。调整倾角仪使其测量方向与微倾台倾斜方向一致, 旋转微倾台的旋钮, 测量 $2'$ 、 $4'$ 、 $6'$ 、 $8'$ 各测量点, 然后反向测量 $-2'$ 、 $-4'$ 、 $-6'$ 、 $-8'$ 各测量点, 读取倾角仪的读数, 并计算示值误差。同理测量微倾台另一个相互垂直方向上的示值误差, 取两个方向绝对值最大的示值误差作为校准结果。

二维微倾台的示值误差也可采用 JJG960—2012《水准仪检定装置》中 5.3.4 的规定方法。

6.8 标准条码分划误差标准差

采用因瓦条码水准标尺作为条码分划标准器的, 其标准条码须满足技术要求。针对不同编码原理的各品牌因瓦条码水准标尺, 其分划误差标准差可用条码综合测量系统进行检查、校准。

将因瓦条码水准标尺按要求安装在测量导轨平台上, 使用测长不确定度 $\leq 1.0\mu\text{m}/\text{m}$ ($k=2$) 的激光干涉仪作为长度标准, 分别进行正反行程的测量, 运用图像识别拼接到每段分划线纹边缘的坐标值, 通过计算得到标准条码分划误差标准差。

7 校准结果表达

校准后的数字水准仪检定装置, 应填发校准证书或报告, 校准结果应在校准证书上反映, 校准证书至少应包括 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》5.12 条款中的信息。校准结果格式参见附录 B。

8 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的, 因此, 送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔, 建议不超过 1 年。

附录 A

数字水准仪检定装置推荐的比对溯源法

根据 JJF1033-2023《计量标准考核规范》中规定,当计量标准不能采用检定或校准方式溯源时,应当通过计量比对的方式确保计量标准量值的一致性。即当不可能采用传递溯源比较法时,可采用不同设备不同方法进行比对来验证检定或校准结果。现将平行光管法数字水准仪检定装置与标准条码尺外业模拟法进行比对,来验证测量结果的合理性。

选择平行光管数字水准仪检定装置里分划板的徕卡系列标准条码尺带当测量目标,将徕卡 LS15 (346913) 数字水准仪照准平行光管的 A 管的近点 15m 分划板测量读数 h_A , 继而旋转数字水准仪 180° 照准平行光管 B 管远点 30m 分划板测量读数 h_B ; 然后切换目标分划板设置,再次将徕卡 LS15 数字水准仪照准 B 管近点 15m 分划板 h'_B , 再次翻转数字水准仪 180° 照准 A 管 30m 分划板 h'_A 。按照上述的方法进行 6 次重复性测量,按照公式(5)来计算平行光管法的数字 i 角。

标准条码尺外业模拟法:在室外相距 $D=45\text{m}$ 的距离两端设置配套的因瓦条码水准标尺,将距离 D 均分为三等分如图 1-4 布置,分别在距 A、B 条码水准标尺 15m 处设两个仪器站,即测站 1,测站 2。按照上述的费式法做 6 次重复性测量,按照公式(5)来计算标准条码尺外业模拟法的数字 i 角。通过两种方法获得的数字 i 角进行比对计算,验证两种方法是否满足比对要求。

$$i = \arctg \frac{(h_A - h_B) - (h'_A - h'_B)}{(D_{1A} - D_{1B}) - (D_{2A} - D_{2B})} = \frac{(h_A - h_B) - (h'_A - h'_B)}{30} \cdot \rho \quad (5)$$

式中:

i ——数字水准仪检定装置水平准线偏差;

h_A ——测站 1 中,数字水准仪瞄准平行光管 A 条码影像读数得到标高读数;

h_B ——测站 1 中,数字水准仪瞄准平行光管 B 条码影像读数得到标高读数;

h'_A ——测站 2 中,数字水准仪瞄准平行光管 A 条码影像读数得到标高读数;

h'_B ——测站 2 中,数字水准仪瞄准平行光管 B 条码影像读数得到标高读数;

ρ ——206265"

表 A.1 数字 i 角重复性测量数据

测量目标	A 尺标高读数 (m)		B 尺标高读数 (m)		外业模拟法测量结果 (")	平行光管法测量结果 (")	差值 Δ (")
测量位置	15m	30m	15m	30m			
1	1.67598	1.67558	1.67674	1.67651	1.2	-0.1	-1.3
2	1.67601	1.67589	1.67676	1.67661	-0.2	-1.5	-1.3

3	1.67596	1.67557	1.67675	1.67650	1.0	0.0	-1.0
4	1.67589	1.67559	1.67668	1.67669	2.1	0.8	-1.3
5	1.67588	1.67566	1.67679	1.67662	0.3	-0.5	-0.8
6	1.67600	1.67560	1.67669	1.67654	1.7	0.4	-1.6
平均值	1.67595	1.67565	1.67673	1.67660	1.2	-0.1	-1.2

数字水准仪其数字 i 角的测量不确定度 $U_{lab} = 2.7''$ ，则 $\sqrt{\frac{n-1}{n}} \cdot U_{lab} = 1.9''$ ，因此由上表可知，数字水准仪检定装置的两种比对方法均满足：

$$|y_{lab} - \bar{y}| \leq \sqrt{\frac{n-1}{n}} \cdot U_{lab}$$

平行光管法数字水准仪检定装置与标准条码尺外业模拟法在比对结果的数据表明，在目前存在溯源瓶颈的情况下，无法选取比内置标准条码更高一级的计量标准进行溯源时，可采用上述比对方法进行校准。

附录 B

数字水准仪检定装置校准记录格式

B.1、水平准线偏差（平行光管）

表 B.1 水平准线偏差偏差

标准器：数字水准仪 DiNi (751643)

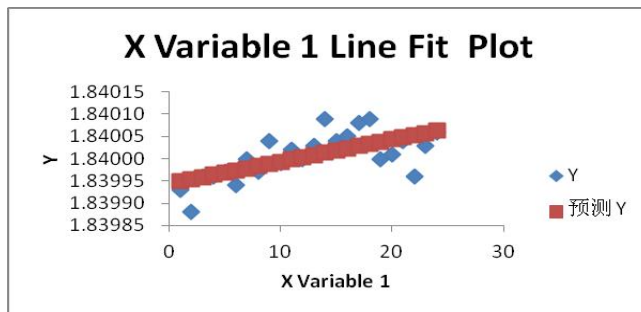
环境温度：22℃ 相对湿度：53%RH

校准日期：2023 年 11 月 16 日

校准员： 核验员：

测量位置	A 管的分划板标高 (m)		B 管的分划板标高 (m)		A 管标高差 (m)	B 管标高差 (m)	i 角 (″)
	15m	30m	15m	30m			
H ₁	1.83993	1.84000	1.84003	1.84000	-0.00007	0.00003	0.3
H ₂	1.83988	1.83997	1.84009	1.84001	-0.00009	0.00008	0.1
H ₃	1.83996	1.84004	1.84004	1.84004	-0.00008	0.00000	0.6
H ₄	1.83996	1.83999	1.84005	1.83996	-0.00003	0.00009	-0.4
H ₅	1.83997	1.84002	1.84008	1.84003	-0.00005	0.00005	0.0
H ₆	1.83994	1.84000	1.84009	1.84006	-0.00006	0.00003	0.2
平均值	1.83994	1.84000	1.84006	1.84002	-0.00006	0.00005	0.1
标准偏差(mm)	0.033	0.024	0.027	0.035	/	/	/

A、B 平行光管的目标高度标称值是 1.84000m；取上述测量结果中偏离最大值为水平准线偏差，则双平行光管的水平准线偏差为 0.6″。以 A、B 双管各测量位置的标高进行线性拟合，得到线性斜率为 0.000005，则水平基准线的线性拟合图如下：



根据各测量点的目标高测量值计算分别得到平行光管 A、B 的视轴误差，如下表：

测量位置	平行光管 A 视轴误差 (″)	平行光管 B 视轴误差 (″)
H1	-1.0	0.4
H2	-1.2	1.1
H3	-1.1	0.0
H4	-0.4	1.2
H5	-0.7	0.7
H6	-0.8	0.4
平均值	-0.9	0.6

以上数据均表明平行光管 A、B 建立起来的水平准线均满足水平准线偏差≤2″的技术要求，无论是 A 管还是 B 管的视轴误差均符合要求。

B. 2、多目标偏离准线偏差（平行光管内置标准条码法）

表 B. 2. 1 多目标偏离准线偏差

标准器：Ni002 (460676)

环境温度：22℃ 相对湿度：52%RH

校准日期：2023 年 10 月 16 日

校准员： 核验员：

平 行 光 管 A 记 录			
测量位置	近距离 15m	远距离 30m	无穷远目标∞
测回 I （格）	0.1	0	/
测回 II （格）	0.2	0.3	/
（ I + II ） / 2 （格）	0.15	0.15	/
测量结果	0.15×0.05mm=0.01mm		
平 行 光 管 B 记 录			
测量位置	近距离 15m	远距离 30m	无穷远目标∞
测回 I （格）	0	-1.6	/
测回 II （格）	-0.7	-1.4	/
（ I + II ） / 2 （格）	-0.35	-1.5	/
测量结果	（-1.5）×0.05mm=-0.10mm		
注：本实例采用 Ni002 水准仪，其测微器为 0.05mm/格。			

表 B. 2. 2 多目标偏离准线偏差

标准器：Ni002 (460676)

环境温度：22℃ 相对湿度：52%RH

校准日期：2023 年 10 月 16 日

校准员： 核验员：

平 行 光 管 A 记 录					
测量位置	1m	3m	15m	30m	50m
测回摆Ⅰ读数	570	582	640	726	788
测回摆Ⅱ读数	546	532	452	380	270
(Ⅰ+Ⅱ)/2	558	557	546	553	529
△	0	-1	-12	-5	-29
测量结果	(-2.9)×0.05mm=-0.15mm				
平 行 光 管 B 记 录					
测量位置	1m	3m	15m	30m	50m
测回摆Ⅰ读数	500	520	608	698	868
测回摆Ⅱ读数	478	468	434	348	166
(Ⅰ+Ⅱ)/2	489	494	521	523	517
△	0	5	32	34	28
测量结果	3.4×0.05mm=0.12mm				

B. 3、条码分划板视距误差

表 B. 3. 1 条码分划板视距误差

标准器：数字水准仪 DiNi (751643)

环境温度：22℃ 相对湿度：53%RH

校准日期：2023 年 11 月 06 日

校准员： 核验员：

测量位置	序号	视距测量值 D_i	ΔD	视距测量值 D_i	ΔD
A 管	1	13.870	-0.007	29.017	0.001
	2	13.879	0.002	29.014	-0.002
	3	13.878	0.001	29.019	0.003
	4	13.880	0.003	29.014	-0.002
	5	13.876	-0.001	29.019	0.003
	6	13.878	0.001	29.014	-0.002
	平均值	13.877	/	29.016	/
	A 管视距误差：0.003m=3mm				
B 管	1	13.881	0.000	29.038	-0.002
	2	13.881	0.000	29.041	0.001
	3	13.881	0.000	29.04	0.000
	4	13.881	0.000	29.042	0.002
	5	13.88	-0.001	29.042	0.002
	6	13.88	-0.001	29.038	-0.002
	平均值	13.881	/	29.040	/
	B 管视距误差：-0.002m=-2mm				

表 B. 3. 2 条码分划板视距误差

标准器：数字水准仪 LS15

环境温度：22℃ 相对湿度：53%RH

校准日期：2023 年 11 月 06 日

校准员： 核验员：

测量位置	序号	视距测量值 D_i	ΔD	视距测量值 D_i	ΔD
A 管	1	15.013	0.000	30.079	0.003
	2	15.014	0.001	30.075	-0.001
	3	15.013	0.000	30.075	-0.001
	4	15.013	0.000	30.075	-0.001
	5	15.013	0.000	30.074	-0.002
	6	15.014	0.001	30.076	0.000
	平均值	15.013	/	30.076	/
	A 管视距误差：0.003m=3mm				
B 管	1	14.985	0.001	30.121	-0.003
	2	14.985	0.001	30.129	0.005
	3	14.984	0.000	30.118	-0.006
	4	14.983	-0.001	30.126	0.002
	5	14.983	-0.001	30.122	-0.002
	6	14.985	0.001	30.127	0.003
	平均值	14.984	/	30.124	/
	B 管视距误差：-0.006m=-6mm				

B. 4、条码分划板标高误差

表 B. 4. 1 条码分划板标高误差

标准器： 数字水准仪 DiNi（751643） 环境温度： 22℃ 相对湿度： 53%RH
校准日期： 2023 年 11 月 06 日 校准员： 核验员：

测量位置	序号	标高测量值 h_i (m)	$\Delta h(\text{mm})$	标高测量值 h_i (m)	$\Delta h(\text{mm})$
A 管	1	1.83993	-0.07	1.84000	0.00
	2	1.83988	-0.12	1.83997	-0.03
	3	1.83996	-0.04	1.84004	0.04
	4	1.83996	-0.04	1.83999	-0.01
	5	1.83997	-0.03	1.84002	0.02
	6	1.83994	-0.06	1.84000	0.00
	平均值	1.83994	/	1.84000	/
	A 管的目标高度标称值是 1.84000m，则 A 管标高误差：-0.12mm				
B 管	1	1.84003	0.030	1.84000	0.000
	2	1.84009	0.090	1.84001	0.010
	3	1.84004	0.040	1.84004	0.040
	4	1.84005	0.050	1.83996	-0.040
	5	1.84008	0.080	1.84003	0.030
	6	1.84009	0.090	1.84006	0.060
	平均值	1.84006	/	1.84002	/
	B 管的目标高度标称值是 1.84000m，则 B 管视距误差：0.09mm				

表 B. 4. 2 条码分划板标高误差

标准器： 数字水准仪 LS15 环境温度： 22℃ 相对湿度： 53%RH
校准日期： 2023 年 11 月 06 日 校准员： 核验员：

测量位置	序号	标高测量值 h_i (m)	$\Delta h(\text{mm})$	标高测量值 h_i (m)	$\Delta h(\text{mm})$
A 管	1	1.67268	0.05	1.67259	-0.04
	2	1.67269	0.06	1.67259	-0.04
	3	1.67268	-0.05	1.67260	-0.03
	4	1.67270	0.07	1.67262	-0.01
	5	1.67271	0.08	1.67264	0.01
	6	1.67270	0.07	1.67260	-0.03
	平均值	1.67269	/	1.67261	/
	A 管的目标高度标称值是 1.67263m，则 A 管标高误差：0.08mm				
B 管	1	1.67278	0.15	1.67282	0.19
	2	1.67280	0.17	1.67286	0.23
	3	1.67281	0.18	1.67282	0.19
	4	1.67281	0.18	1.67280	0.17
	5	1.67279	0.16	1.67284	0.21
	6	1.67282	0.19	1.67287	0.24
	平均值	1.67280	/	1.67284	0.19
	B 管的目标高度标称值是 1.67263m，则 B 管视距误差：0.24mm				

B. 5、二维微倾台的示值误差

标准器：数显倾角仪(90S1094)

环境温度：22℃

相对湿度：52%RH

校准日期：2023 年 10 月 16 日

校准员：核验员：

表 B. 5. 1 二维微倾台的纵向示值误差

测量位置 (')	数显倾角仪测量值		纵向示值误差
	"	转换单位为'	
-8	-465.4	-7.8	-0.2
-6	-349.3	-5.8	-0.2
-4	-225.4	-3.8	-0.2
-2	-110.2	-1.8	-0.2
0	-0.2	0	0
2	113.2	1.9	0.1
4	235.1	3.9	0.1
6	350.1	5.8	0.2
8	470.6	7.8	0.2
纵向示值误差：±0.2'			

表 B. 5. 2 二维微倾台的横向示值误差

测量位置	数显倾角仪测量值		横向示值误差
	"	转换单位为'	
-8	-475.6	-7.9	0.1
-6	-356.0	-5.9	0.1
-4	-242.0	-4.0	0.0
-2	-108.4	-1.8	0.2
0	0.2	0.0	0.0
2	114.3	1.9	-0.1
4	233.5	3.9	-0.1
6	350.6	5.8	0.0
8	484.9	8.1	0.1
横向示值误差：0.2'			

附录 C

校准证书内容

1. 标题：校准证书；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点；
4. 证书或报告编号、页码及总页数；
5. 送检单位的名称和地址；
6. 被校准仪器名称；
7. 被校准仪器的制造厂、型号规格及编号；
8. 校准所使用的计量标准名称及有效期；
9. 本规范的名称、编号和对本规范的任何偏离、增加或减少的说明；
10. 校准时环境温度情况；
11. 校准项目的校准结果；
12. 仪器校准结果的测量不确定度；
13. 校准人签名、核验人签名、批准人签名；
14. 校准证书签发日期；
15. 复校时间间隔的建议；
16. 未经校准实验室书面批准，不得部分复制校准证书。

校准证书(内页)格式

C.1 校准证书内页格式

序 号	主要校准项目		校准结果
1	水平准线偏差	平行光管 内置标准条码法	
2	多目标偏离准线误差		
3	条码分划板视距误差		
4	条码分划板标高误差		
5	二维微倾台的测量范围		
6	二维微倾台的示值误差		
1	标准条码分划误差标准差	标准条码 外业模拟法	
2	条码分划(尺)视距误差		
3	二维微倾台的测量范围		
4	二维微倾台的示值误差		

附录 D

数字水准仪检定装置水平准线偏差测量结果不确定度评定示例

D.1 概述

水平准线偏差是数字水准仪检定装置的主要指标。而数字水准仪检定装置中标准条码影像分划中心点构成的水平准线其偏差应满足技术要求。根据本规范的规定，水平准线偏差采用用高精度 DSZ05 级数字水准仪（其数字 i 角 $\leq 0.5''$ ）通过测量双目标平行光管 A、B 管的近距离 15m 分划板、远距离 30m 分划板的标高测量值，结合相应的近、远目标距离值计算得到水平准线偏差。

D.1.1 测量对象

数字水准仪检定装置的标准条码分划影像，主要提供不同品牌编码原理的 15m、30 m、 ∞ 目标，由装置的产品说明书得到装置建立的水平准线误差 $\leq 2.0''$ 。现以品牌天宝 DiNi 系列的条码影像分划带为测量对象，评定数字水准仪检定装置的水平准线偏差测量不确定。

D.1.2 测量方法

依据本规范的校准方法，选取数字 i 角 $\leq 0.5''$ 的高精度 DSZ05 级数字水准仪作为标准器，通过测量双目标平行光管 A、B 管的近距离 15m 分划板、远距离 30m 分划板的标高，通过近、远目标的测量标高、标高差，通过与相应距离计算得到水平准线偏差。

将 DSZ05 级数字水准仪照准平行光管的 A 管的近点 15m，继而旋转数字水准仪 180° 照准平行光管 B 管远点 30m，此为测站 1 的测量；接着模拟搬站，将 DSZ05 级数字水准仪照准 B 管近点 15m，再次翻转数字水准仪 180° 照准 A 管 30m，此为测站 2。

D.2 测量模型

数字水准仪检定装置的水平准线偏差由以下测量模型表示：

$$i = \arctg \frac{(h_A - h_B) - (h'_A - h'_B)}{(D_{1A} - D_{1B}) - (D_{2A} - D_{2B})} = \frac{(h'_A - h'_B) - (h_A - h_B)}{2 \times \Delta D} \cdot \rho \quad (1)$$

式中：

i ——数字水准仪检定装置水平准线偏差；

h_A ——测站 1 中，数字水准仪瞄准平行光管 A 条码影像读数得到标高读数；

h_B ——测站 1 中，数字水准仪瞄准平行光管 B 条码影像读数得到标高读数；

h'_A ——测站 2 中，数字水准仪瞄准平行光管 A 条码影像读数得到标高读数；

h'_B ——测站 2 中，数字水准仪瞄准平行光管 B 条码影像读数得到标高读数；

ΔD ——30 米与 15 米的距离差，15000mm；

ρ ——206265''

D.3 方差和灵敏系数

由误差传播定律可知，

$$u_c^2(y) = \sum \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i) \quad (2)$$

由(2)式得：

$$u_c^2(i) = C_{h_A'}^2 \cdot u_{h_A'}^2 + C_{h_A}^2 \cdot u_{h_A}^2 + C_{h_B'}^2 \cdot u_{h_B'}^2 + C_{h_B}^2 \cdot u_{h_B}^2$$

由于各受检测量点每次观测都是等精度测量，所以它们的标准差相等，设为 $u(\beta)$ ，即

$$u^2(h_A') = u^2(h_A) = u^2(h_B') = u^2(h_B) = u^2(\beta)$$

根据误差传播定律可得：

$$\begin{aligned} u_c^2(i) &= \left[\left(\frac{\partial i}{\partial h_A'} \right)^2 + \left(\frac{\partial i}{\partial h_A} \right)^2 + \left(\frac{\partial i}{\partial h_B'} \right)^2 + \left(\frac{\partial i}{\partial h_B} \right)^2 \right] \cdot u^2(\beta) \\ &= 4 \cdot \left(\frac{\rho}{2 \cdot \Delta D} \right)^2 \cdot u^2(\beta) \end{aligned}$$

对目标 15m、30m 分划板均在短时间内在同一环境下，由同一标准装置针对不同测量位置的测量，可以看作是重复条件下的测量；故在重复条件下，每个标高测量值的标准偏差相等在重复性测量条件里，因此两标高值相对独立，即两者不相关。

由于距离测量误差对电子 i 角检定结果引入的不确定度分量影响太小可忽略，在此不做分析。因此有：

$$u^2(i) = 4 \times \left(\frac{\rho}{30000} \right)^2 u^2(\beta) \quad (3)$$

其中，灵敏系数

$$C = \frac{2\rho}{30000} = 13.75''/mm$$

D.4 标准不确定度分量的评定

D.4.1 目标高测量值重复性引入的不确定度分量 $u_1(x)$

该分量由 A 类不确定度分析计算。DSZ05 级数字水准仪对平行光管中的 DiNi 系列条码影像分划进行 4 组 6 次重复性测量，数据如下：

表 D.1 目标高测量重复性数据

测量位置 (m)	A 平行光管的分划板标高		B 平行光管的分划板标高	
	15m	30m	15m	30m
x ₁	1.49966	1.49751	1.49996	1.49953
x ₂	1.49962	1.49748	1.49989	1.49946
x ₃	1.49961	1.49753	1.49993	1.49948
x ₄	1.49961	1.49755	1.49989	1.49951
x ₅	1.49958	1.4975	1.49988	1.49949
x ₆	1.49961	1.49749	1.4999	1.49945
平均值	1.49962	1.49751	1.49991	1.49949
标准偏差(mm)	0.026	0.026	0.031	0.030

由于每组包含的测量次数相同，则以上 4 组 6 次测量结果的实验标准差由合并样本标

准差计算而得:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = 1.49913 \text{ m}$$

$$s_p(x) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^4 s_j^2(x)}{4}} = \sqrt{\frac{0.026^2 + 0.026^2 + 0.031^2 + 0.030^2}{4}} = 0.028\text{mm}$$

每次测量标高均由三次测量得到, 因此测量重复性引入的标准不确定度分量为:

$$u_1(x) = \frac{s_p(x)}{\sqrt{3}} = 0.016\text{mm}$$

D.4.2 由标准器引入的不确定度分量 $u_2(x)$

D.4.2.1 精密水准仪视轴误差引入的测量不确定度分量 $u_2(x)$

通过精密水准仪来调整平行光管 A、B 中的条码分划板高低位置, 建立的一条 $\leq 2''$ 的水平基准线。而调校光管的精密水准仪其视轴误差可控制于 $\leq 1.0''$, 其摆差的影响已包含在视轴误差的结果体现里, 因此摆差的可不予考虑。调整水平后的光管由 30m 到 15m 的视线水平误差不大于 $1.0''$, 估计其误差在半宽 $\Delta = 0.5''$ 内符合均匀分布, 则由此项引入的不确定度:

$$u_2(x_1) = \frac{\Delta}{\sqrt{6}} = \frac{0.5}{\sqrt{6}} = 0.20''$$

转换为线值即:

$$u_2(x_1) = \frac{0.20''}{206265} \times 15000 = 0.015\text{mm}$$

因此有:

$$u(\beta) = \sqrt{u_1^2(x) + u_2^2(x)} = \sqrt{0.016^2 + 0.015^2} = 0.022\text{mm}$$

D.5 合成标准不确定度评定

以上各输入量互不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u(i) = \frac{2\rho}{30000} \cdot u(\beta) = \frac{2 \times 206265}{30000} \times 0.022 = 0.3''$$

D.6 不确定度分量汇总表

表 D.2 不确定度分量汇总表

序号	不确定度分量	不确定度分量来源	标准不确定度	灵敏系数 $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$	合成标准不确定度 $u(i)$	扩展不确定度 U
1	$u_1(x)$	目标高测量值重复性引入的不确定度分量	0.016mm	13.75"/mm	0.3"	0.6"
2	$u_2(x)$	标准器引入的不确定度分量	0.015mm			

D.7 扩展不确定度评定

根据扩展不确定度 $U=k \times u_c$ ，取 $k=2$ ，水平准线偏差的扩展不确定度为：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 0.3 = 0.6''$$
