

文章编号:1009-427X(2001)03-0170-03

数字水准仪误差分析与检定

杨俊志

(国家光电测距仪检测中心,北京 100039)

摘要:分析了数字水准仪系统的误差源,阐述了仪器*i*角误差和综合精度的检定方法。

关键词:数字水准仪;误差源;*i*角误差;综合精度

中图分类号:P242 文献标识码:A

数字水准仪依据图像识别的原理,将编码尺的图像信息与已存贮的参考信息进行比较,从而获得高程信息。它的测量速度快,操作简单,易于实现内外业一体化,代表了水准仪的发展方向。数字水准仪获取的是编码尺多条编码的信息,其结果取平均效应,其检验方法与光学水准仪有所差别。在一般情况下,光学水准仪的检验是将仪器和标尺分开进行的,数字水准仪则应当与其配套的水准标尺一起进行检验。本文作者根据在检测工作中所接触到的仪器,对数字水准仪的检验进行了讨论。

1 数字水准仪的误差源分析

数字水准仪基于自动安平水准仪,因此,在传统的自动安平水准仪上存在的误差,在数字水准仪上仍然存在。

1.1 与主机有关的误差源

1) 圆水准器位置不正确

圆水准器位置不正确可引起水准仪竖轴倾斜,形成“水平面倾斜”误差。

2) 补偿器误差

补偿器误差分为补偿器安置误差和补偿器滞后误差。前者反映补偿器建立水平视线的重复精度,通常作为仪器出厂的重要技术指标。后者指补偿器的平衡位置和静止位置之差。

3) 视准轴误差(*i*角误差)

在数字水准仪上,*i*角误差分为光学*i*角误差和电子*i*角误差。由于环境温度、机械振动(如仪器搬站等)、望远镜调焦和磁场(包括地球磁场和外部电磁场)会引起*i*角变化。因此*i*角

误差通常指环境温度为20℃,在目标无穷远时,仪器视准轴与水平面间的夹角。

4) 补偿误差

由于补偿器性能不完善导致的仪器视准轴倾斜,会对前后观测带来“水平面倾斜”误差。

5) 高程误差

其它原因导致的“水平面倾斜”误差。

1.2 与条码尺有关的误差

1) 尺底面缺陷

尺底面缺陷包括零点误差、尺底面不平和尺底面与尺的轴线不垂直等。

2) 水准尺缺陷

水准尺缺陷主要有水准尺上的圆水准器不正确、因瓦钢带的拉力不正确、水准尺的比例误差(包括比例误差和比例误差的变化)、温度膨胀和尺弯曲和扭曲等。其中圆水准器不正确将引起水准尺的倾斜,导致较大系统误差。

3) 水准尺分划误差

水准尺分划误差包括单个条码线的分划误差和有缺陷条码线引起的分划误差。

4) 其它

包括普通水准尺的联接误差和因潮湿引起的膨胀。

1.3 与条码尺光电读数有关的误差

1) 最小读数及其进位误差

2) 读数误差

读数误差由测量信号遮挡、测尺照度不均匀、视线位于顶部或底部、调焦位置不正确、震动等外界因素和周期误差(包括周期误差随视距变化)等内在因素引起。国外对数字水准仪的研

究结果表明,有些仪器读数存在周期误差,如 Wild NA2000 在视距 15 m 处存在峰值为 0.7 mm, 波长为 2 mm 的周期误差。

3) 内符合精度

通常情况下,仪器的内符合精度与视距、震动、光强、对比度、调焦和气象条件等因素直接相关。

从上述分析可以看出,数字水准仪的误差构成较为复杂。对普通用户而言,只需检定主要项目。一般情况下,检定可以参照现行光学水准仪的检定方法进行。但对仪器 i 角和综合精度的检定则须采用专门的方法。

2 i 角的检定

数字水准仪的测量原理如图 1 所示。视线通过补偿器后一分为二,一部分到达十字丝,另一部分到达 CCD 传感器。由十字丝获得的 i 角称为“光学 i 角”,由 CCD 传感器上获得的 i 角称为“电子 i 角”。



图 1 数字水准仪测量原理

数字水准仪的 i 角测试方案是针对电子 i 角而言的,其具体检验方法参见文献[2]。一般情况下是将电子 i 角的值存贮到存贮器中并对所测值进行修正。目前的数字水准仪采用以下的方法来处理电子 i 角和光学 i 角间的关系:

1) 电子 i 角和光学 i 角分别调整

利用仪器所附带的调整软件,选择相应的测试方法对电子 i 角进行测量并存储,显示经过新 i 角修正后的正确读数,利用编码标尺反面或旁边注记的数字对光学 i 角进行调整。

2) 电子 i 角和光学 i 角同时调整

利用仪器所附带的调整软件,选择相应的测试方法,对电子 i 角进行测量并存储,显示经过新 i 角修正后的正确读数,调整十字丝的位置。并测出调整后的标尺读数,直到应有值为止。这种调整方法与传统光学水准仪上调整 i 角的方法一致,但它需要十字丝和 CCD 传感器同步位移,具有一定的技术难度。

i 角,不对十字丝的位置进行调整”。在有些仪器上,新测试的电子 i 角等于已存贮的电子 i 角与视准轴新偏移量之和。这时可能会出现这样的情况:测定的电子 i 角小,而实际视准轴偏离其应有的位置大。部分数字水准仪的光学 i 角的调整方法是将光学读数调至电子读数,这种调整方法成立的条件是:CCD 传感器的位置在出厂后一直不变。实际工作中,当按说明书提供的方法对 i 角进行测定和调整,并用水准仪检定仪进行复核后,经常出现光学 i 角较大的情况。因此建议按下述方法调整数字水准仪的 i 角:

1) 首先利用水准仪检定仪或传统的光学水准仪 i 角的检定方法对数字水准仪的光学 i 角进行测定并调整,使其满足现行检定规程。

2) 从数字水准仪提供的检定程序中,选择一种电子 i 角检定程序,依此对仪器的电子 i 角进行测定并存储。在某些仪器上测出的电子 i 角可能较大,这时可以利用仪器的电子 i 角检定程序重新进行测定和存储。一般情况下,这时显示的 i 角值可以满足现行规范的要求。

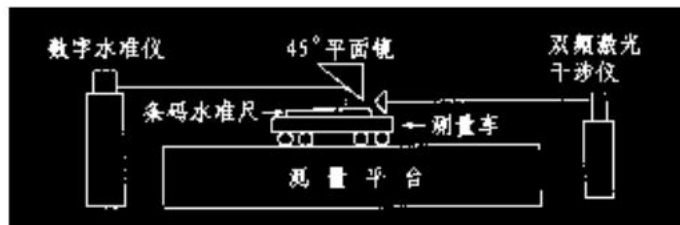
大量的检测和试验数据表明,数字水准仪的 i 角易受外界温度的影响。有的仪器温度每变化 10°C ,电子 i 角的变化就达 $7''$ 。Ni002、Ni002A 等精密光学水准仪, i 角受温度的影响要小得多。因此,在使用或检定数字水准仪前,应留有足够的时间,使仪器内外部温度达成平衡。

3 综合精度的检验

因为数字水准仪的测量原理与光学水准仪不同,所以不能像光学水准仪那样将水准仪和水准尺分开检定,否则就会使获得的结果不真实。目前,检定数字水准仪综合精度的方法有两种,下面分别介绍。

3.1 标尺平放

如图 2 所示,将条码尺放在测量平台上,用 45° 平面镜转向,水平运动的水准尺在水准仪中的像就是垂直运动的。此法已于 1991 年就开始在国外应用,1999 年后,国内有些单位也开始采用此法。



3.2 标尺竖放

如图 3 所示, 将条码尺置于一竖直导轨上, 在其尺底端安置双频激光干涉仪的反射棱镜, 用 45° 直角棱镜将激光束转向。水准尺的上下移动经过转向后, 可以将其位移量直接反映到双频激光干涉仪上。这种方法自 1993 年起就开始在国外应用, 但由于实验室造价高, 所以目前国内还没有应用。

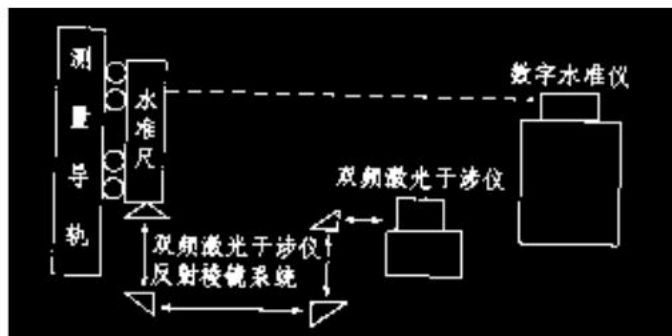


图3 标尺竖放示意图

上述两种方法, 都是采用双频激光干涉仪和水准仪同时测定标尺的位移量并将双频激光干涉的值作为真值进行比较, 以解求水准仪测量系统的精度。一般情况下, 应在不同的视距(3 m、15 m、30 m)处, 以 50 mm 为移动间距, 在 0.1 ~ 2.6 m (3 m 水准尺) 范围内进行测量。在综合精度的检定中, 要特别重视下述 3 种情况:

1) 标尺分划在 CCD 传感器上的成像宽度与 CCD 像素尺寸之比为 0.5 的整倍数

大量试验数据表明, 当条码尺基本分划在 CCD 传感器上的成像宽度与 CCD 像素尺寸之比为 0.5 的整倍数时, 仪器的测量精度显著降低。据文献[1]报道, NA2000/NA3000 在视距 14.97 m 处, 出现过振幅为 0.45 mm (峰值为 0.9 mm), 波长为 2 mm 的周期误差。又据文献[3]报道, 曾经有 1 台 NA3003 在视距 28 m 处出现过 0.7 mm 的大误差。

2) 视线接近标尺的底部和顶部

当视线接近标尺的底部和顶部时, 标尺的图像只能部分地覆盖 CCD 传感器, 这时的仪器读数精度显著降低。一般情况下, 数字水准仪的读数应限定在距标尺两端 $s \times 0.01$ (s 为视距) 的范围内。例如, 3 m 标尺在 20 m 距离时的读数范围为 0.2 ~ 2.8 m。

3) 短视距时的仪器精度

短视距时, 可以有效地减弱外界条件(如补偿器振动、温度变化、折射影响等)对视准线的影响。因为一个条码的图像可以覆盖更多 CCD 传感器的像素, 其读数精度显著提高。这时求得的综合精度主要是条码刻线分划误差对测量系统的影响。

4 结束语

由于数字水准仪发展历史较短, 所以国内目前还缺乏权威性的设备和检定规范, 也缺乏大量的实际测量数据, 以至目前还只能参照光学水准仪的检定方法进行检定。因此加强数字水准仪检定方法的研究, 对测绘生产实践具有指导意义。

参考文献:

- [1] Ruger J M, Brunnre F K. On System Calibration and Type Testing of Digital Levels[J]. Zeitschrift fur Vermessungswesen (ZIV), 2000, 125: 120-129.
- [2] 杨俊志. 数字水准仪检定方法探讨[A]. 见: 中国测绘学会仪器专业委员会. 2000 年全国测绘仪器综合学术年会论文集[C], 2000: 48-52.
- [3] 樊钢, 赵瑞, 李广云, 等. 数字水准仪检测方法研究[A]. 见: 中国测绘学会仪器专业委员会. 2000 年全国测绘仪器综合学术年会论文集[C], 2000: 53-57.
- [4] 罗官德. Ni002、Ni002A 自动安平水准仪与 DINi10 电子水准仪的质量评述[A]. 见: 中国测绘学会仪器专业委员会. 2000 年全国测绘仪器综合学术年会论文集[C], 2000: 62-67.

Errors and Calibration of Digital Levels

YANG Jun-zhi

(National Calibration Center for EDM, Beijing 100039, China)

Abstract: In this paper, errors of digital levels are introduced. Calibration methods of the collimation error and the system accuracy are presented.

Key words: digital levels; collimation error; system accuracy; calibration

责任编辑 陶大欣