

# 电子水准仪的质量与性能研究

赵远 郭绍想 程大为

南京交通职业技术学院, 江苏 南京 211100

【项目来源】南京交通职业技术学院 2019 年省级大学生创新创业训练计划项目《DL07 和 ZDL700 电子水准仪在二等水准测量中的稳定性分析》(项目编号 CX1906)

【摘要】电子水准仪以其精度高、速度快、读数客观等优点已成为高精度水准测量的主要设备。随着经济水平和科学技术的快速发展, 目前国内已诞生了十余种电子水准仪, 然而同等精度不同型号的电子水准仪在水准测量中的影响因素、稳定性有所不同。文章结合电子水准仪的特点, 分析评价电子水准仪的质量与性能时应注意的主要内容。

【关键词】精度; 误差; 质量与性能; 稳定性

我国市场上常见的几大国产电子水准仪测量原理不尽相同, 性能、特点也各具千秋。对于一般用户而言, 仪器购买后如何系统的评价其质量和性能也不知所措。比如科力达 DL07 和中纬 ZDL700 两款电子水准仪, 如何评价其质量与性能。

## 1 电子水准仪的主要性能及技术指标

电子水准仪是在自动安平水准仪基础之上发展起来的精密仪器。因此电子水准仪既可以采用普通水准尺进行人工读数, 也可以采用条码标尺来进行精密测量, 不同的是人工读数的精度要远低于条码尺的测量精度。在进行测量时, 标尺上的条码要同时清晰地投影在望远镜的分光镜上和光电传感器上才能进行测量。由于不同品牌仪器所配套的条码尺编码不同, 测量时不能选错否则不能被仪器所识别。

电子水准仪基本的测量原理包括“相关法”、“相位法”和“几何法”等三种解码方法。如中纬 ZDL 系列电子水准仪和莱卡 NA 系列电子水准仪一样采用“相关法”。这三种测量方法的原理不同, 表明这些仪器具有各自的特点和独立的系统。然而即使仪器原理不同, 它们的主要性能指标却大同小异, 为了便于两种仪器的比较, 现将其主要的指标归纳如下:

由上表可知: DL07 和 ZDL700 电子水准仪测量精度相同, 主要技术指标相差不大甚至一致。因此, 在进行性能评价时主要看仪器的结构组成和抗环境干扰能力对测量结果的影响。

## 2 研究质量和性能时应考虑的主要内容

评价电子水准仪的质量与性能不能仅从其历史发

展的长短、生产商的经营状况、仪器的外观质量来判断, 而应该结合《国家一、二等水准测量规范》(GB/T12897—2006)(以下简称“规范”)第 6.2 章节中仪器的检校内容和实际的使用情况进行综合判断。就同等标称精度的电子水准仪而言, 如 DL07 和 ZDL700 每公里往返测量标准偏差均为 0.7 毫米, 在生产实践过程中, 同一台仪器历次测量精度不尽相同, 不同品牌的两台仪器在精度上也可以进行比较。研究电子水准仪的质量和稳定性是基于其他条件都相同的情况下进行, 一般应从电子水准仪机械部分对精度的影响、电子部分对精度的影响、补偿系统对精度的影响和外界环境对精度的影响等几个方面来进行考虑。

### 2.1 电子水准仪机械部分对精度的影响

电子水准仪和普通的光学水准仪机械结构非常相似, 这使得电子水准仪和光学水准仪由机械部分带来的误差大致相同, 对于机械部分误差概括起来包括概略水准器的误差、十字丝的检校误差、竖轴误差、补偿误差等。由于机械部分与自动安平水准仪相似, 在此不再赘述。

在按照要求进行仪器检查时, 如果机械部分在一段时间内相对稳定且符合规范要求时, 则说明该仪器的稳定性较好。

### 2.2 电子部分对精度的影响

电子水准仪是电子部分与机械部分组合成的一个整体, 机械部分连接着电子元件, 以至于光学零件的误差会带来电子误差。例如对  $i$  角的影响。

电子水准仪有两个视准轴。一个是光视准轴, 它由光学分划板十字丝中心和望远镜物镜的光心构成; 另一个是电视准轴, 它是由线阵 CCD 器件上中点附近的一个像素和望远镜物镜光心构成。由此也可以说数字水准

项目		DL07	ZDL700
精度	1、高程测量精度(每公里往返测标准差)	1、电子读数: 0.7mm 2、光学读数: 2.0 mm	1、电子测量: 0.7 mm 2、光学测量: 2.5 mm
	2、距离测量精度	电子读数 $D \leq 10m$ : 10mm; $D > 10m$ : $D \times 0.001$	当 $D \leq 10m$ 时, 10mm; 当 $D > 10m$ 时, $D \times 0.001$
	3、测程	1.8 m--105 m	2 m--105 m
最小显示	高差	1mm/0.01mm	1mm/0.01 mm
	距离	1mm	1 mm
测量时间		一般条件下小于 3 秒	正常条件下最多需要 3 秒
补偿器		类型: 磁阻尼摆式补偿器 补偿范围: $> \pm 12'$ 补偿精度: $0.30''/1'$	类型: 电子跟踪的磁阻尼摆补偿器 2、补偿范围: $\pm 10'$ 3、安平精度: $\pm 0.35''$
数据传输		通讯端口: USB; 20000 个点	通讯端口: RS232; 3000 组数据
电源 (工作时间)		--	16 小时 (2300mAh)
工作温度		$-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$	$-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$

仪有光 i 角和电 i 角之分。对用于一、二等水准测量的数字水准仪而言, 光视准轴用于照准和调焦, 电视准轴用于读数, 直接决定测量结果。对于采用人工读数进行水准测量时, 光 i 角影响着读数的误差。

受外界条件, 比如温度、湿度、振动的影响, 水准仪的 i 角可能随时发生变化, 因此在精密水准测量前, 必须对 i 角作检验。目前, 广泛使用的检测方法有四种: 费式法 (Forstner)、李式法 (Nabauer)、库式法 (Kukkamaek)、日本方法 (Japanese)。规范规定新仪器、测量作业前、跨河水准测量等都必须进行 i 角检测, 且进行一、二等水准测量时该值均不能超过  $15.0''$ 。因此, 在每次使用前检校电子水准仪的 i 角很有必要。

DL07 和 ZDL700 仪器设备的说明书 i 角检校方法均采用费式法。但是对于立尺距离两种仪器各不相同, ZDL700 两标尺之间距离大概在 30 米左右, DL07 两标尺之间距离大概在 50 米左右, 为了便于质量分析, 检查该指标时可做统一规定。

在根据规范要求进行精密水准测量前应检查 i 角值, 在进行两种型号的仪器比较时可同时进行 i 角的检查比较, 如果测量值经常发生较大幅度的变动甚至超限, 可到检校台上进行专业调试, 必要时可以返厂维修。对于 i 角较小, 一段时间相对稳定的电子水准仪可以认为其质量性能较好。

### 2.3 补偿系统对精度的影响

电子水准仪和自动安平水准仪的补偿工作原理一致, 由重力摆和阻尼器构成的自动补偿装置, 一般认为其主要误差包括安平误差, 剩余补偿误差。

对于不同的电子水准仪, 如补偿范围越大则补偿器的工作范围就越广; 补偿精度越高则补偿器的工作性越

好。此项指标可以综合参考仪器的使用说明书和电子水准仪的第三方检测报告。

### 2.4 外界环境对精度的影响

#### 2.4.1 光照强度的强弱对测量结果的影响

在使用电子水准仪进行野外测量作业时工作环境复杂, 环境中光线的强弱对测量结果会产生不同程度的影响。当在太阳光下光线太强或傍晚太阳光线较弱时, 水准标尺就不能在 CCD 图像传感器上成像, 仪器也不能识别读数。由此可见在野外测量作业时, 太阳光线的强弱、云层的厚薄、空气状况等都会直接影响水准标尺上的反射光线进入仪器成像。当测量光线亮度不均匀的条码水准尺时, 测量精度会受到直接影响。一般情况下, 在水准测量时应选择早上、傍晚或光线相对柔和的环境下进行, 尽量避免强光下逆光测量, 以降低光线太强或太弱对测量精度产生的影响。

不同的电子水准仪所能感受光线强弱的敏感度不同, 该指标控制较好的仪器测量时受光线影响相对较小。所以在比较电子水准仪的稳定性时, 应充分考虑到环境光线的强弱对测量精度产生的影响, 在进行此项指标对比时可以在室内进行模拟实验。

#### 2.4.2 温度的高低对测量结果的影响

温度对仪器的影响称为电子水准仪的温度性能, 主要是考察仪器在高低温情况下能否适应环境温度的能力。质量好的仪器具有较强的均衡环境温度的能力, 读数变化也较小。

陕西省测绘成果质量监督检测试验中心曾对天宝电子水准仪 DINI03 在  $11.0\text{--}26.3^{\circ}\text{C}$  条件下光学 i 角和电子 i 角变化情况进行实验, 分别采集计算  $11^{\circ}\text{C}$ 、

13.8℃、18.1℃、20.4℃、21.0℃、26.3℃六个温度条件下*i*数值,实验结果显示:光学*i*角在11.0-21.0℃时数值稳定没有变化,在26.3℃时数值增加0.6″;电子*i*角随温度的升高逐渐增大,11℃时仅为0.4″而26.3℃时已增加至5.0″。研究表明:在一定温度变化范围内,采用人工读数的测量结果受温度变化影响的*i*角变化较小。采用电子测量时,结果受温度影响的*i*角变化较大。

当两种仪器进行比较时,如果*i*角受温度变化影响较小,则在仪器设计生产时,充分考虑到*i*角受温度影响的性能。

#### 2.4.3 震动环境下对测量结果的影响

在遇到大风天气或工程车辆通过测量区域时,会造成测量仪器震动测量数值不固定,从而影响结果的准确性。当然,测量时为避免车辆震动情况,测站点和立尺点应选择在稳定的地方。

相同的影响因素条件下仪器的内置测量软件的稳定性、操作系统界面的便捷性、内置测量硬件的灵敏度等方面也应进行考虑。

### 3 结束语

电子水准仪优点突出,在水准测量方面应用广泛。目前,部分电子水准仪的稳定性还有待进一步提高。在评判电子水准仪质量的高低,要减少人为因素的影响、水准标尺的影响,应依据规范进行仪器的检查、应设计

模拟实验来对比并综合判定。

#### 【参考文献】

- [1] 史亚楠,苏清磊,刘红乐.浅析电子水准仪*i*角的检校方法[J].工业计量.2018.5.
- [2] 沈迎光,吴学文,许江涛.数字水准仪室内检校的关键技术指标研究[J].测绘技术装备.2018年第4期第20卷.
- [3] 钟元华.浅析电子水准仪在二等水准测量中的应用[J].山西电子技术.1674-4578(2015)03-0027-02.
- [4] 贾玥.数字水准测量面临的问题及未来展望[C].科技经济导刊.2096-1995(2019)18-0061-01.
- [5] 熊威,汪洋,许明元.观测条件对电子水准仪读数的影响[J].地理空间信息.2017,15(1):87-89,94.
- [6] 刘耀龙.电子水准仪自动化检定系统的研究[D].广西:桂林理工大学,2017.
- [7] JJG(测绘)2101-2013 数字水准仪计量检定规程[S].