

数字水准仪测量精度分析及其在工程中的应用

龚真春, 李伟峰, 薛 宠

(68011 部队 ,甘肃 兰州 730020)

摘要:分析了影响数字水准仪测量精度的主要因素,在仪器检定场检测了其测量精度,并同光学水准仪的测量精度进行了比较。通过重大工程实践应用,表明数字水准仪克服了传统水准测量的诸多弊端,具有光学水准仪无可比拟的优点,最后归纳和总结了其在使用中应注意的事项。

关键词:数字水准仪;测量精度;分析;应用

中图分类号:P224.1 文献标识码:B 文章编号:1672-5867(2012)02-0191-03

Survey Accuracy Analysis and Application in the Project of Digital Leveling Instrument

GONG Zhen - chun ,LI Wei - feng ,XUE Chong

(68011 Troops ,Lanzhou 730020 ,China)

Abstract: Based on the analysis of factors which influence measurement precision of the digital leveling instrument ,this paper mostly examines the measurement precision of the digital level in the standardization site ,and compares the measurement precision with that of the optical level. The application to the major project indicates that digital leveling instrument has incomparable strong points to the optical level ,and the points of special attention in the application are concluded and summarized.

Key words: digital leveling instrument; survey accuracy; analysis; application

0 引言

目前,地面点的高程可通过水准测量、三角高程测量、GPS 高程测量等方法得到,每种方法各有优缺点。其中水准测量精度最高,它是我国高程控制网建立的主要方法,在高等级大地控制网建设、武器试验靶场大地测量保障和精密工程测量中,仍采用水准测量方法,还没有其他测量方法可以完全替代^[1]。现在,数字水准仪应用越来越普及,表明了数字水准仪是水准测量仪器发展的必然趋势,具有广泛的应用前景。

本文在简要介绍数字水准仪的基本知识和特点基础上,以天宝 DiNi 03 数字水准仪为例在检验场检测了其测量精度,并同光学水准仪进行了比较和分析。最后通过该数字水准仪在中国大陆环境监测网络(以下简称陆态网络)工程中的应用,说明数字水准仪具有光学水准仪无可比拟的优点,并归纳和总结了其在使用中应注意的事项。

1 数字水准仪的基本原理和特点

1.1 数字水准仪测量基本原理

国际标准 ISO 9849 对“数字水准仪”的定义为:数字水准仪(digital level)是用于自动化水准测量的仪器,它采用 CCD 阵列传感器获取编码水准尺的图像,依据图像处理技术来获取水准标尺的读数,标尺图像处理及其处理结果的显示均由仪器内置计算机完成。因此,数字水准仪将原有的用人眼观测读数彻底改变为由光电设备自动探测水平视准轴的水准尺读数。如果使用传统水准标尺,电子水准仪又可像普通自动安平水准仪一样使用,但测量精度低于数字测量精度。目前,数字水准仪采用的自动数字读数方法有三种:相关法、几何法和相位法^[2]。

1.2 数字水准仪测量分类及特点

目前我国水准仪是按仪器所能达到的每千米往返测高差中数的偶然中误差这一精度指标划分的,共分为 4 个等级。水准仪型号都以 DS 开头,分别为“大地”和“水准

收稿日期:2011-02-11

作者简介:龚真春(1973-)男,甘肃景泰人,工程师,硕士,2005年毕业于浙江大学控制理论与控制工程专业,主要从事大地测量、GPS 导航与定位工作。

仪”的汉语拼音第一个字母,通常书写省略字母 D。其后“05”“1”“3”“10”等数字表示该仪器的精度。S 3 级和 S 10 级水准仪又称为普通水准仪,用于我国国家三、四等水准及普通水准测量,S 05 级和 S 1 级水准仪称为精密水准仪,用于国家一、二等精密水准测量^[3]。因此,参照我国现行精度分类等级,一般将电子水准仪定位在中精度和高精度水准测量范围,分为两个精度等级:中等精度的标准差为 1.0~1.5 mm/km,高精度的为 0.3~0.4 mm/km。实际应用中,数字水准仪的具体选择与使用视测量任务精度要求而定。

理论和大量的实践表明,数字水准仪同光学水准仪相比,具有速度快、精度高、读数客观、使用方便、能减轻作业劳动强度、可自动记录存储测量数据、易于实现水准测量内外业一体化的优点。

2 数字水准仪测量精度分析与比较

利用本单位专用仪器检定和训练场,用蔡司 Koni 007 光学精密水准仪和天宝 DiNi 03 数字水准仪分别进行实地测量。水准测量路线布设如图 1 所示。

检定和训练场所用的 3 个点(JD 01, JD 02, JD 03)均有精确的 3 维坐标,其中高程系统为 1985 国家高程基准,已知高差值为加各项改正后的值。

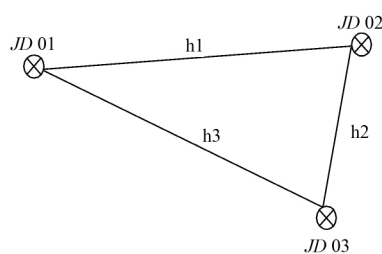


图 1 检定场水准路线图

Fig.1 The route of the standard field

为保证水准测量数据的真实、可靠,客观评定数字水准仪 DiNi03 的测量精度,两种水准仪器在测量前均已进行过检定。由两个作业小组用光学水准仪和数字水准仪分别对 3 条水准路线: JD 01 - JD 02, JD 03 - JD 02, JD 03 - JD 01 进行检测和联测,测量在同一天内进行,观测时间、气象条件、测量方法及数据计算按《国家一、二等水准测量规范》(GB 12897 - 2006) 中二等水准测量相关要求规定严格执行。3 条水准路线的测量数据计算与比较项目分别是检测已测测段高差之差、测段往返测高差不符值 Δ 和每千米标准差 M_{Δ} 。相关计算及结果见表 1、表 2。

表 1 两种仪器检测精度对比情况统计

Tab.1 The contrast precision statistics of two instruments in the detection

检测测段	仪器名称	检测点		距离/km	改正后高差/m	已知高差/m	较差/mm	限差/mm
		起点	终点					
JD 01 - JD 02 (检往测)	数字 DiNi 03	JD 01	JD 02	1.34	-2.822 29	-2.822 4	0.11	±6.84
	光学 Koni 007	JD 01	JD 02	1.33	-2.822 12		0.28	
JD 02 - JD 03 (检往测)	数字 DiNi 03	JD 02	JD 03	1.15	-9.587 25	-9.587 4	0.15	±6.29
	光学 Koni 007	JD 02	JD 03	1.14	-9.587 10		0.30	
JD 03 - JD 01 (检往测)	数字 DiNi 03	JD 03	JD 01	1.43	12.409 88	12.409 8	0.08	±7.10
	光学 Koni 007	JD 03	JD 01	1.44	12.409 97		0.17	

表 2 两种仪器联测精度对比情况统计

Tab.2 The contrast precision statistics of two instruments in the connection survey

联测测段	仪器名称	联测点		距离/km	改正后高差/m	不符值/mm	限差/mm	中误差/mm
		起点	终点					
JD01 - JD02 (往返测)	数字 DiNi 03	JD 01	JD 02	1.34	-2.822 29	-0.27	±4.56	±0.11
		JD 02	JD 01	1.35	2.822 02			
	光学 Koni 007	JD 01	JD 02	1.33	-2.822 12			
		JD 02	JD 01	1.34	2.822 58			
JD 02 - JD 03 (往返测)	数字 DiNi 03	JD 02	JD 03	1.15	-9.587 25	0.30	±4.20	±0.14
		JD 03	JD 02	1.14	9.587 55			
	光学 Koni 007	JD 02	JD 03	1.14	-9.587 10			
		JD 03	JD 02	1.14	9.587 66			
JD 03 - JD 01 (往返测)	数字 DiNi 03	JD 03	JD 01	1.43	12.409 88	0.59	±4.73	±0.25
		JD 01	JD 03	1.44	-12.409 29			
	光学 Koni 007	JD 03	JD 01	1.44	12.409 97			
		JD 01	JD 03	1.43	-12.409 34			

从表 1、表 2 中可以看出,两种水准仪器对 3 条水准路线的检测和联测结果均符合二等水准测量精度要求,且数字水准仪 DiNi 03 在测段往返测高差不符值 Δ 、每千米标准差 M_{Δ} 和检测已测测段高差之差 3 个方面整体上高于光学水准仪测量精度。

3 工程应用

基准网是“陆态网络”的基本框架,根据工程项目总体要求,计划安排 209 个 GNSS 基准站水准联测和 10 个 GNSS 基准站的验潮联测工作。基准网站的高程联测基本原则是:位于一等水准路线旁边的基准网站按一等水准观测纲要进行水准联测;位于二等水准路线旁边的基准网站按二等水准观测纲要进行水准联测^[4]。我部 2010 年共承担并完成了 14 个基准网站的联测任务,使用仪器为天宝 DiNi 03 数字水准仪及其他观测所需设备。表 3 为给出的 5 个基准网站的水准联测精度统计情况。

表 3 基准网站水准联测精度情况统计
Tab.3 The leveling precision statistics of reference network

基准站	等级	测段数	距离/km	中误差/mm	限差/mm
GSAX	一等	5	15.60	± 0.34	0.45
GSGT	一等	6	15.60	± 0.39	
GSDX	一等	6	18.70	± 0.44	
QHGC	二等	4	7.60	± 0.51	1.00
GSLX	二等	3	8.50	± 0.53	

从表 3 看出,5 个基准网站的每千米高差中数的偶然中误差均在规定的二等限差范围内,进一步说明数字水准仪完全可以进行精密水准联测。在实际采用数字水准仪进行测量时,每站只需整平、照准,其他都由掌上电脑控制,每测站时间一般在 1 min 左右(不含搬站时间),较同精度光学水准仪而言,测量速度提高了一倍以上。

为提高数字水准仪测量精度和效率,作业时应注意以下几个问题:

1) 仪器预热问题

当天首次测量不预热时,易出现读数不稳定、测量速度慢等现象。因此,要针对仪器性能特点和测区环境,测量前应先对仪器进行预热和试测,待仪器性能状态稳定后再进行测量。

2) 调焦成像质量对测量精度的影响

精密水准测量中,要求在同一测站上不得两次调焦。由于数字水准仪的读数是由仪器自动完成的,在成像模糊时,仪器也将自动读数。实际作业证明,调焦不清晰时测量速度明显下降,测量误差也随之增大,若出现前后视距不等引起成像模糊,只能移动仪器或标尺。

3) 光线问题

标尺部分遮挡、光照太强或不均匀将使 CCD 信号产生饱和而影响观测读数。野外观测时,要尽量避免标尺被遮挡,同时,按规范要求选择合适的观测条件,尽可能保证成像清晰、稳定^[5-6]。

4 结束语

高精度的数字水准仪现已得到了较为广泛的应用,标志着水准测量仪器实现了从精密光机仪器到光机电测一体化产品的过渡,也进一步说明了水准测量的不可替代性。

本文通过在实验场检测,并同光学水准仪器进行了对比,验证了数字水准仪完全可以满足一、二等水准测量精度要求。最后以天宝 DiNi 03 型数字水准仪在国家“陆态网络”基准网工程测量应用为例,进一步表明了数字水准仪克服了传统水准测量的诸多弊端,具有读数客观、精度高、速度快和效率高特点,是水准测量仪器发展的必然趋势,应用前景将会愈来愈广阔。

参考文献:

- [1] 张建军,刘波.控制测量学[M].郑州:信息工程大学出版社,2006.
- [2] 潘正风,杨正尧,程效军.数字测图原理与方法[M].武汉:武汉大学出版社,2005.
- [3] 翟翊,赵夫来.现代测量学[M].北京:解放军出版社,2003.
- [4] 国家基础地理信息中心.国家陆态网水准联测方案[G].北京:国家基础地理信息中心,2010.
- [5] 薛志宏.数字水准仪的原理、检定及应用研究[D].郑州:信息工程大学,2002.
- [6] 李辉,马在选.数字水准仪在“陆态网络”基准网精密水准联测中的应用[J].军事测绘,2010,198(6):14-15.

[编辑:胡雪]

(上接第 190 页)

2) 通过 PC-E 500 计算机在现阶段水准测量记录中再利用的实践,我们得到了一个非常有意义的启示:应尽可能地使现有测量设备发挥最大的性能高效服务于测绘生产。

参考文献:

- [1] 章登义,王新洲,李大成.PC-E 500 综合应用及测量常

用程序集[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,1994.

- [2] 孔祥元,孔祥元,刘宗泉.大地测量学基础(第二版)[M].武汉:武汉大学出版社,2010.
- [3] 胡明城.现代大地测量学的理论及应用[M].北京:测绘出版社,2003.

[编辑:胡雪]