

全站仪三角高程测量与四等水准测量的精度比较分析

田峰亮, 祝方才, 曹伟军

(湖南工业大学 岩土工程研究所, 湖南 株洲 412008)

摘要: 根据全站仪三角高程测量的原理和方法, 在平原微丘区的地形上, 对一条附合水准路线分别进行全站仪三角高程测量和水准仪四等水准测量, 应用误差传播定律对两者的测量精度进行了对比分析。结果表明, 全站仪的测量精度略高于水准仪的测量精度, 且使用较方便, 受地形限制小, 作业效率高, 故全站仪三角高程测量可以代替四等水准测量。

关键词: 全站仪三角高程测量; 四等水准测量; 误差分析

中图分类号: TU198+.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2011)03-0082-04

Precision Comparison of Trigonal Height Measurement and Four-Grade-Leveling Measurement

Tian Fengliang, Zhu Fangcai, Cao Weijun

(Institute of Geotechnical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412008, China)

Abstract: According to trigonal height measurement principles and methods in plain and slight high terrain, measures an annexed leveling line respectively by means of trigonal height measurement and four-grade-leveling measurement, applies error propagation law to the system analysis and compares the measurement accuracy. The results show that the measuring accuracy of total station instrument is slightly higher than that of leveling instrument, and convenient for use, small restricted by topography and high work efficiency, so the trigonal height measurement can replace four-grade-leveling measurement.

Keywords: trigonal height measurement of total stations; fourth-grade-leveling measurement; error analysis

随着测绘技术的发展, 全站仪已广泛应用于控制测量、地形测量及工程测量中^[1-2]。但是由于全站仪在测设竖直角时盘左和盘右的偏差较大且不稳定, 全站仪三角高程测量能否代替水准测量, 很多学者有不同的看法。因此, 本文根据全站仪三角高程测量的原理和方法, 在平原微丘区的地形上, 拟对一条附合水准路线分别进行全站仪三角高程测量和水准仪四等水准测量, 应用误差传播定律对两者的测量精度进行比较分析, 以确定两种测量方法的优劣。

1 工程概况

本研究中主要对从许昌市魏武路D级GPS控制点DK027至许昌学院东校区内C楼前控制点B2间的测点, 分别进行全站仪三角高程测量与四等水准测量, 并进行实测高程精度比较分析。已知控制点DK027, B2的高程分别为66.788 m和67.519 m, 测量长度约1.4 km, 附合水准路线走向图如图1所示。全站仪采用PENTAX R-325N型, 由江西南昌宾得全站仪

收稿日期: 2011-01-24

作者简介: 田峰亮(1987-), 男, 河南安阳人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为边坡及地下洞室稳定,

E-mail: 307057026@qq.com

生产供应商提供;水准仪采用科力达NL30A型,由南方测绘仪器有限公司生产。在测量前均对仪器进行了校正,仪器精度均满足要求。在天气晴好的情况下,先用全站仪进行测量,利用三角高程对向观测方法,仪器架设6站,完成了附和水准路线的测量;再用水准仪进行测量,按照四等水准双面尺法观测方法,仪器架设9站,完成测量。

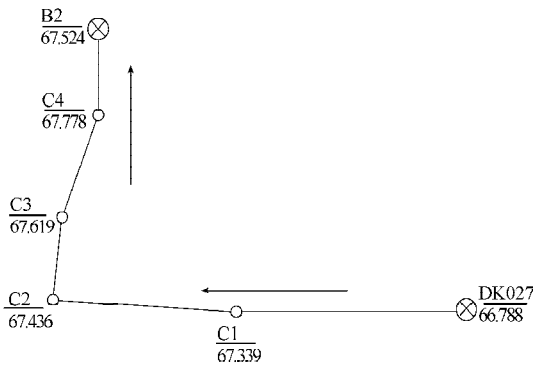


图1 附和水准路线走向图

Fig. 1 Diagram of annexed leveling line

2 全站仪三角高程测量

2.1 三角高程测量原理

如图2所示,设A、B为地面上高度不同的2点,已知A点的高程 H_A ,只要知道A点对B点的高差 H_{AB} ,即可由 $H_B = H_A + H_{AB}$ 得到B点的高程 H_B ^[3]。

D 为A、B两点间的水平距离,

α 为在A点观测B点时的竖直角,

H_i 为测站点的仪器高,

H_l 为棱镜高,

H_v 为全站仪望远镜和棱镜之间的高差,且 $H_v = D \cdot \tan \alpha$ 。

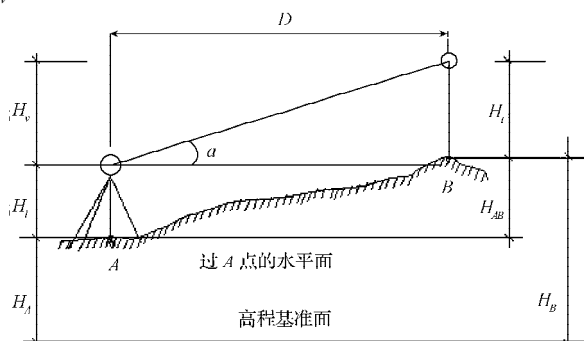


图2 三角高程测量原理示意图

Fig. 2 Schematic diagram of trigonal height measurement principle

首先测设A、B两点的距离在全站仪的视程内,不考虑大气折光的影响。为了测量高差 H_{AB} ,可在A点架设全站仪,在B点竖立棱镜,观测竖直角 α ,量取仪器高 H_i 和棱镜高 H_l 。由 $H_B = H_A + H_{AB}$, $H_{AB} = H_v + H_l -$

H_i , 可得三角高程测量的基本公式^[4]:

$$H_B = H_A + D \cdot \tan \alpha + H_l - H_i \quad (1)$$

式(1)的前提条件为:基准面为水平面,视线成直线。因此,只有当A、B两点间的距离在一定的长度范围内时,测量数据才准确。由于A、B两点间的距离较近,而且在外业测设时采取了一些必要的措施,以最大限度地减少地球弯曲和大气折光对测量数据的影响,故在内业整理时对这些影响忽略不记。

进行全站仪三角高程测量时,有几个问题值得注意:

- 1) 全站仪既可架设在已知高程点,也可不架设在已知高程点^[5](本文只讨论架设在已知高程点);
- 2) 要测出待测点的高程,必须量取仪器高和棱镜高;
- 3) 必须采取竖直角和边长的对向观测,并在尽量短的时间内进行,以减少大气折光差和地球曲率对测量数据的影响;
- 4) 竖直角观测误差对高差的影响最大,观测时一定要打伞作业,尽量减少阳光直射对测角造成的影响;
- 5) 仪器高和棱镜高需在观测前后各测量1次,并精确到毫米,使之控制在最小误差范围内^[6];
- 6) 及时整理、计算,发现超限值时立即进行重测。

2.2 数据处理

应全面检查高程测量外业记录、数据是否齐全,有无记错、算错,数据结果是否符合外业测设的精度要求,起算数据是否正确,然后根据式(1)进行计算,准确记录计算结果。本工程中全站仪三角高程测量数据见表1。

表1 全站仪三角高程测量数据

测点名	两测站 间距	实测高差		平均 高差	高程
		往测	返测		
DK027					66.788
C1	334.367	0.609	-0.613	0.611	67.399
C2	265.565	0.035	-0.039	0.037	67.436
C3	115.024	0.186	-0.180	0.183	67.619
C4	142.260	0.157	-0.613	0.159	67.778
B2	121.890	-0.253	0.255	-0.254	67.524
总计	979.106	0.744	-0.749	0.747	

其中,两点间的实测高差 $f_{\text{实测}} = 0.736$ m,两点间的理论高差 $f_{\text{理论}} = 0.731$ m,实测值与理论值之间的差值 $f = f_{\text{实测}} - f_{\text{理论}} = 0.005$ m。按照四等水准测量标准规定的限差 $f_{\text{限}} = 20\sqrt{L} = 0.02$ m (L 为距离),本测量中的实测值与理论值间的差值小于该限差,精度符合要求。

从表1可知:1)各点的误差值都在测量规范规

定的范围内,精度符合要求;2)误差值离散性小,没有规律可循,即没有误差的递增或递减现象,计算和测量的过程中不存在误差传递和积累。

3 四等水准测量

按照四等水准测量规范的要求,附和路线长度小于15 km;视线长度小于80 m;采用三丝法读数,读取正反两面;采用与已知点联测的方式,往返各测1次;往返较差,附和导线闭合差要求平地为 $20\sqrt{L}$,山地为 $20\sqrt{N}$ (N 为测站数)^[7]。本文中测设的水准测量数据见表2。

表2 四等水准测量数据

Table 2 Four-grade-leveling measurement data m

测点名	两站间距	平均高差	高程
DK027			66.788
ZD3	75.6	0.467	67.255
ZD2	128.3	0.029	67.284
C1	149.9	0.107	67.391
ZD1	128.9	1.130	67.521
C2	135.7	-0.080	67.441
C3	114.9	0.187	67.628
C4	142.4	0.142	67.770
B2	122.3	-0.255	67.515
总计	998.0	0.727	

其中,两点间的实测高差 $f_{\text{实测}} = 0.727$ m,两点间的理论高差 $f_{\text{理论}} = 0.731$ m,实测值与理论值之间的差值 $f = f_{\text{实测}} - f_{\text{理论}} = 0.004$ m。按照四等水准测量标准规定的限差 $f_{\text{限}} = 20\sqrt{L} = 0.02$ m,本测量中的实测值与理论值之间的差值小于限差,精度符合要求。

4 全站仪与水准仪的测量高程对比

全站仪三角高程测量和四等水准测量在测设方法和理念上有较大的区别,其误差来源、种类及测量精度也不同。全站仪高程测量与水准高程测量的误差来源对比见表3^[8],本测量得到的两者数据对比见表4。

表3 全站仪高程测量与水准高程测量的误差来源对比表

Table 3 The error sources contrast table of height measurement by total station instrument and leveling height measurement

全站仪高程测量	水准高程测量
全站仪本身的系统误差	水准仪本身的系统误差
仪器高及棱镜高的量取误差	仪器及尺垫的升沉误差
无	水准尺分化误差及倾斜误差
整平误差	整平误差
照准误差	照准误差
无	读数误差
外界因素(温度、湿度、风力、大气折光等)	外界因素(温度、湿度、风力、大气折光等)

表4 全站仪三角高程测量与四等水准测量数据对比表

Table 4 The data contrast table of trigonal height measurement and four-grade-leveling measurement m

项目	测量高程					
	DK027	C1	C2	C3	C4	B2
三角高程	66.788	67.399	67.436	67.619	67.778	67.524
四等水准	66.788	67.391	67.441	67.628	67.770	67.515
差值	0	8	-5	-9	8	9

鉴于现在还没有全站仪三角高程测量的规范要求,但由表4可知,2种不同方法测量的结果其差值都在10 mm以内,比用2台水准仪测量出来的精度限差(20 mm)还要小,因此,可认为该精度是符合要求的。

5 结论

1) 全站仪本身比水准仪要精密,防震、防水、防潮性能比常规水准仪高,还具有常规水准仪没有的大气折光改正以及地球曲率改正等功能;全站仪具有的自动双轴补偿系统也是常规水准仪无法比拟的;全站仪是电子产品,不需人工观测记录,大大减少了人为观测误差;全站仪的视程较长,不用多次变更仪器站点,一次性完成施测,可节省时间,减少点位误差。

2) 全站仪测距精度高,使用较方便,可以同时测定角度(水平角、竖直角)、距离(平距、斜距)和高差,摆站次数少,不受地形限制,作业效率高。应用全站仪进行三角高程测量,可在测量水平控制网的同时进行高程控制网的测量,可比普通三角高程测量节省大量的计算工作。和传统的水准测量相比,在交通不便的山区及沼泽、水网地区,全站仪具有便于布设测线和提高施测速度的优越性。

3) 由实测数据分析可得,全站仪的测量精度略高于常规水准仪的测量精度。

综上所述,全站仪三角高程测量可以代替四等水准测量,而且精度高,效率高。

参考文献:

- [1] 严召进. 工程测量技术分析与探讨[J]. 中国新技术新产品, 2010(2): 51.
Yan Zhaojin. The Analysis and Discussion of Engineering Survey Technology[J]. China New Technologies and Products, 2010(2): 51.
- [2] 韦东波. 全站仪在测量实习中的使用[J]. 大众科技, 2010(1): 174-175.
Wei Dongbo. The Use of Total Station in the Surveying Practice[J]. Popular Science & Technology, 2010(1): 174-

- 175.
- [3] 王慧超. 全站仪三角高程测量方法比较分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2010, 33(2): 229-231.
Wang Huichao. The Contrast and Analysis of Total Station Trigonometric Leveling[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2010, 33(2): 229-231.
- [4] 蒋德兴. 全站仪三角高程测量方法探讨[J]. 四川建材, 2010, 36(1): 149, 151.
Jiang Dexing. Trigonal Height Measurement Methods Discussed[J]. Sichuan Building Materials, 2010, 36(1): 149, 151.
- [5] 秦炳文. 全站仪三角高程测量的两种方法比较[J]. 山西煤炭, 2010, 30(8): 58, 65.
Qin Bingwen. Two Methods of Trigonometric Leveling Measurement in Total Station Instrument[J]. Shanxi Coal, 2010, 30(8): 58, 65.
- [6] 陈喜麒, 柳建勇, 齐向威. 全站仪三角高程代替四等水准测量探讨[J]. 包钢科技, 2007, 33(4): 45-47.
Chen Xiqi, Liu Jianyong, Qi Xiangwei. Discussion that Total Station Trigonometric Levelling Replaces IV Grade One[J]. Science and Technolgy of Baotou Steel(Group) Corporation, 2007, 33(4): 45-47.
- [7] 中国有色金属工业协会. GB50026—2007 工程测量规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008: 21.
China Nonferrous Metals Industry Association. GB50026—2007 Code For Engineering Surveying[S]. Beijing: China Planning Press, 2008: 21.
- [8] 魏淑芳, 魏云, 曹改英. 浅析三、四等水准测量误差来源[J]. 农业科技与信息, 2009(2): 61.
Wei Shufang, Wei Yun, Cao Gaiying. Analyses Three, Four Leveling Measurement Error Sources[J]. Agricultural Science and Technology, 2009(2): 61.

(责任编辑: 徐海燕)

(上接第54页)

在自定义格式的画面流文件中, 这给篡改和非法复制带来一些障碍, 但未经授权的用户仍可通过屏幕拷贝或屏幕录制软件再次翻录并篡改。在画面流图像中嵌入可见水印和不可见水印, 能够有效地防止多媒体课件被无效用户非法复制、翻录、压缩和修改等。本文提出的对多媒体课件中画面流彩色图像嵌入双重水印的方案, 既保护了多媒体课件作者的版权, 同时还起到了版权申明的作用。

参考文献:

- [1] Schyndel R G, Tirkel A Z, Osborne C F. A Digital Watermark[C]//IEEE International Conference of Image Processing. Austin Texas: IEEE, 1994: 86-90.
- [2] Chen B, Wornell G W. Digital Watermarking and Information Embedding Using Dither Modulation[C]// IEEE Second Workshop on Multimedia Signal Processing. Redondo Beach, CA: IEEE, 1998: 273-278.
- [3] Chen Yongqiang, Peng Lihua. Streaming Media Water Marking Algorithm Based on Synergetic Neural Network [C]//ICWAPR2008 Proceedings. Hong Kong: [s.n.], 2008: 271-275.
- [4] 陈永强. 一种基于混沌加密的自适应图像水印方法[J]. 计算机应用, 2007, 27(10): 2453-2455.
Chen Yongqiang. Adaptive Image Watermarking Method Based on Chaotic Encryption[J]. Journal of Computer Applications, 2007, 27(10): 2453-2455.
- [5] Deutsch P, Gailly J L. ZLIB Compressed Data Format Specification Version 3.3[S/OL]. [2011-01-05]. <https://portal.acm.org/purchase.cfm?id=RFC1950&CFID=28720493&CFTOKEN=11073846>.
- [6] Kohda T, Tsuneda A. Statistics of Chaotic Binary Sequences [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1997, 43(1): 104-112.

(责任编辑: 邓光辉)