

DiNi12 型数字水准仪在区域水准测量中的应用

孟宪纲, 高艳龙, 占伟, 刘志广

(中国地震局第一监测中心, 中国天津 300180)

摘要:对蔡司和天宝公司生产的 DiNi12 型补偿式自动安平数字水准仪进行野外试验, 天津西部试验里程 409.3 km, 施测 131 个测段, 组成 13 个闭合环, 每个闭合环均采用 2 台仪器测量数据。试验结果表明, 在视距 50 m 以内情况下, 精度仍能达到一等, 作业速度可达 5.4 km/d。两处跨断层综合观测场地测量, 施测里程 115.9 km, 视距小于 30 m, 测段 35 段, 作业速度 2.8 km/d。试验证明 DiNi12 型数字水准仪可以代替 Ni002 和 Ni002A 型自动安平水准仪用于区域水准测量。

关键词: DiNi12 型数字水准仪; 地震监测; 区域水准测量; 闭合环; 精度

中图分类号: P315.62; P215 **文献标志码:** A

0 引言

自 20 世纪 90 年代数字水准仪问世以来, 其精确性和高效性已经得到了人们的认可, 并将作为光学水准仪的替代产品被广泛应用于各项测绘生产作业中, 如工程测量、等级水准测量等, 取得了理想的使用效果。中国地震局在“九五”规划期间, 为形变台站等有关单位的水准测量配备了一批 DiNi11 数字水准仪。安徽合肥形变台自 2000 年 1 月 1 日起正式投入观测, 执行“大地形变台站测量规范”(短水准测量)及“使用数字水准仪的规范中有关条款和附录要求的变化情况”的规定要求, 分析处理了 1 年的观测资料, 对 DiNi11 数字水准仪的性能和适合台站定点水准测量的工作方法、操作规程进行了分析讨论, 研究探讨了该仪器用于定点短水准测量的观测精度及测量误差, 取得了预期效果^[1]。

近年来, 中国地震局系统区域水准测量仪器仍使用德国蔡司 Ni002 和 Ni002A 型自动安平水准仪, 仪器大都是上世纪八九十年代投入使用, 年久失修老化严重, 已不能满足地震监测中水准测量的需要。而自动化水准仪技术日益成熟, 在此背景下我们进行了本课题的研究。

1 仪器性能试验

为了保证试验结果的真实性和客观性, 检测前

按照《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897-2006 和地震局相关文件规定, 对投入仪器和相关配件仔细检验。主要检验项目除规范中限定项目外还有: 仪器对振动源的响应、光线对仪器的影响、视距对读数速度和精度的影响以及温度对仪器的影响等。

1.1 仪器对振动源的响应

《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897-2006 中没有针对该项目的明确要求, 但是振动源在现实工作环境中较为常见, 例如车辆、风以及扶尺员的抖动等。在进行实地场地测量时, 过往载重车辆较多, 鉴于此, 我们对该项目进行了检验。

试验场地选择在公路旁, 视距从 5 m 至 60 m 由近逐远, 每隔 5 m 设置测站检验 1 次。轻微振动时, 条码尺十字丝微微跳动, 在 5 m、10 m、15 m 时能顺利通过读数, 视距在 20 m 以上可通过读数, 但读数时间延长; 特大振动时, 10 m 以下可通过单次读数, 一站读数偶尔通过, 但读数可信度低, 测段往返闭合差一般超限, 视距在 20 m 以上不能通过读数^[2]。在有风、过桥以及道路车辆较多时应注意振动对观测的影响, 可通过缩短视距来解决该问题。

1.2 光线对仪器的影响

光线对仪器的影响主要表现在读数速度和读数精度上。在正常条件下室内检测时, 50 m 以内读数时间随距离增大而增大, 读数变化范围在 0.1 mm 以内。

光线对仪器的读数速度影响很大,一般阴天标尺表面亮度均匀,无所谓的“阴阳尺”,读数速度和室内比较无变化。但当云量很大时,视距大于 30 m,读数速度降低,尤其是在傍晚和早晨刚开测时,出现“Error 324 Rod not readable”报错信息或者是读数时间变长,但不影响读数精度。

当标尺表面光线不均或亮度较暗时,仪器显示“Error 321 Change in brightness too great”错误,可以稍微转动尺面,同时保证标尺的垂直性,也可以用 Led 灯管照亮尺面。有时尺面污浊也会引起读数延迟或报错现象,要注意保持尺面的清洁,及时用干净软布擦拭尺面。

1.3 视距对测站高差的影响

实验场地选择在天气晴朗时的单位大院,在水泥墩体上放置尺台,将条码式钢尺固定在灯杆上,并保持标尺垂直性不变,然后在一对标尺上每隔 5 m 距离,读取 6 站数据,每根标尺读数 12 次,取其平均值作为该距离下的高差真值。高差与视距关系见图 1。由图 1 可知,在视距小于 50 m 时,高差变化在 0.2 mm 以内,并且变化幅度较稳定。

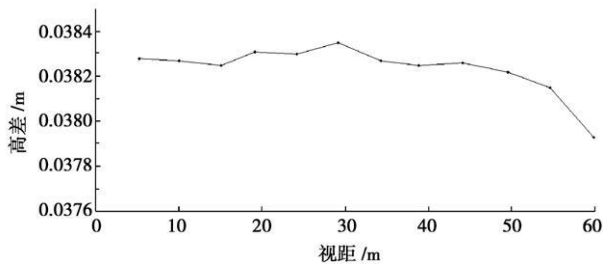


图 1 视距与测量高差变化关系图

1.4 温度对 i 角的影响

数字水准仪中存在 2 种“i 角”,一种是视准轴与水准轴不平行,其夹角称为“光学 i 角”;一种是由经过物镜光心的水平入射光线与这条水平光线经过补偿器到 CCD 探测器参考点的水平视准线之间的夹角称为“数字 i 角”。其中“光学 i 角”影响照准及调焦,“数字 i 角”影响数字水准仪的读数。在实际应用中,“光学 i 角”可以通过前、后视距相等的方法削弱其对测量资料的影响,只要视距差累计不超限即可。尽管 DiNi12 数字水准仪“数字 i 角”能通过机器自身模块改正由其引起的误差,但在测量过程中外界条件随时在变化,“数字 i 角”也随之变化^[3]。由历次仪器检验资料(DiNi12 数字水准仪)归纳得知:一般情况下,随着温度的升高,“i 角”朝负方向变化,因此,施测前要使仪器在空气中放置 20 ~ 30

min,待仪器材料形变稳定后再检校 i 角,并且还要对仪器预热 10 次以上。在有太阳光照射的情况下,仪器一定要遮阳,并保证搬站过程中其温度稳定,严禁仪器单侧太阳照射或者受热不均。

1.5 其它影响因素

标尺的垂直性主要影响到视线高读数,当标尺前后倾斜时视线高读数会非线性增大,当倾斜大于 5°时,仪器会报错。标尺左右倾斜对视线高读数影响与前后倾斜影响类似^[4]。因此开测前要检校一下标尺水准气泡。检校方法如下:将仪器调平,用仪器竖丝符合标尺一边,使其平行或重合,检查上下气泡是否居中,如果居中,则将标尺旋转 90°,仪器竖丝符合标尺一边,使其平行或重合,检查上下气泡是否居中,如果居中,则在作业时加强扶尺员责任心,使此项误差降到最低。

此外,仪器调焦的不准确性对读数亦有影响,此项误差因观测员视力不同而异,在实际测量中保证同一站不调焦可以消除该影响。

2 野外和场地试验

2.1 测区情况

本次试验区选择在天津西部和地震局系统内的两处跨断层综合观测场地内,测量时间为 4 月、5 月和 9 月,与实际区域水准测量时间一致。天津西部区域具有典型沉降活动性,该区域地势平坦,无大坡度和丘陵地形。结合实际工程使用,水准路线网见图 2,大致呈 NW-SE 走向,网图为示意图,实际测

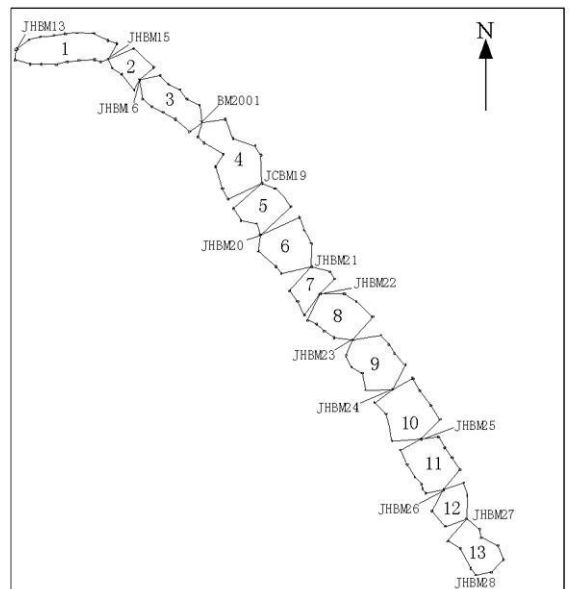


图 2 天津西部实验水准路线网

量时行走路线与实际地物分布有关。共有 131 个测段, 每测段长度为 0.6~10.3 km 不等, 多数在 3~5 km 之间, 与实际一等水准路线测段布设距离相当, 共施测 409.3 km。两处跨断层综合观测场地布设在山西临汾和介休, 水准路线图见图 3(略去点名)。两处场地地势以丘陵为主, 沿途载重汽车多, 野外作业环境恶劣, 该实验区水准路线呈 NW-SE 向布设,

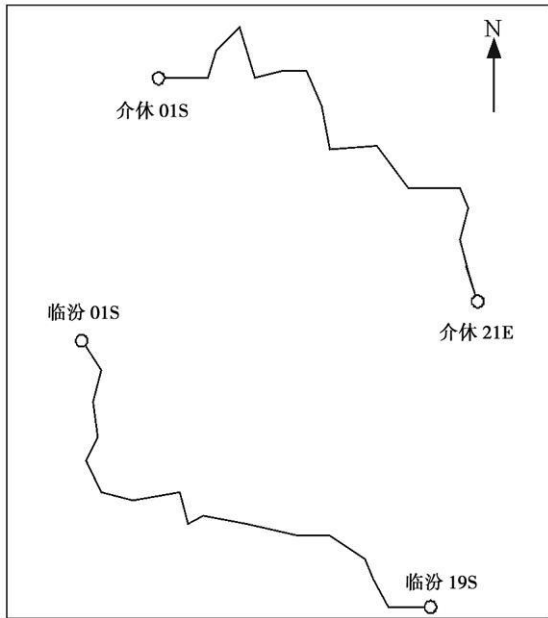


图 3 临汾、介休跨断层实验场地

表 1 临汾、介休跨断层综合观测场地各项误差指标

水准路线名称	距离/km	测段数	不符值	每千米偶然中误差	路线优良率/%	作业率/(km/d)
临汾跨断层综合观测场	56.5	18	5.90	0.40	88.30	3.0
介休跨断层综合观测场	59.4	17	11.14	0.43	82.80	3.3

表 2 环闭合差和环限差表

序号	测段数	距离 L	限差 $\pm 2\sqrt{L}$	闭合差 $\Delta(W)$
1	18	45.92	13.55	4.05
2	7	24.98	10.00	-7.68
3	12	46.58	13.65	-2.60
4	13	51.39	14.34	4.13
5	8	27.17	10.42	0.77
6	8	31.25	11.18	-2.70
7	7	16.53	8.13	0.57
9	10	28.98	10.77	0.99
10	10	32.01	11.32	-4.56
11	11	26.54	10.30	-1.24
12	7	22.81	9.55	-1.85
13	10	29.12	10.79	1.20
大环	131	409.3	40.46	-8.92

共施测 35 个测段, 总长 115.9 km。以上试验场地水准路线中集合各个方向的水准测量路线, 测段采样率高, 共使用 6 台仪器, 能客观反映出 DiNi12 型数字水准仪的实际性能。

2.2 数据分析

在地震测量领域内, 数字水准仪多用于地震局系统内短水准或台站水准测量, 并达到预期目的, 可以代替光学水准仪。本次跨断层水准测量投入 2 个作业小组, 介休跨断层综合观测场地, 返工 3 段, 共计 16.36 km, 临汾跨断层综合观测场地无返工。临汾、介休 2 处场地水准路线各项误差指标见表 1。

天津西部地区, 一次作业量大, 且同时可以拼环, 能代表区域水准测量中复杂环境和大区域条件。天津西部试验地区水准路线布设采用环链方式, 环与环结点为深 50 m 左右的深埋水准点, 稳定性好。实际测量时, 视距按照《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897-2006 和工程技术规定实施, 视距不超过 50 m。环长度 16.5~51.4 km, 亦可以组成一个 409.3 km 的大环。本次投入 4 个作业小组, 施测 19 d, 作业率 5.4 km/d, 优良率 85.71%。各个环长度和环闭合差见表 2(以顺时针方向拼环, 按照《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897-2006 中环闭合差限差计算表中限差)。

以每个环为一条水准路线计算每千米水准测量的偶然中误差 M_{Δ} , 并计算环的每千米水准测量的全中误差 $M_w^{[9]}$, 计算结果见表 3。

$$M_{\Delta} = \pm \sqrt{[\Delta\Delta/R]/(4n)} \quad (1)$$

Δ ——测段往返测高差不符值, 单位为毫米(mm);

R ——测段长度, 单位为千米(km);

n ——测段数。

$$M_w = \pm \sqrt{[WW/F]/N} \quad (2)$$

W ——水准路线环闭合差, 单位为毫米(mm);

F ——水准环线周长, 单位为千米(km);

N ——水准环数

表 3 各环与大环偶然中误差计算表

序号	测段数	距离 R(F)	M_w
1	18	45 92	0 36
2	7	24 98	0 43
3	12	46 58	0 55
4	13	51 39	0 47
5	8	27 17	0 25
6	8	31 25	0 45
7	7	16 53	0 26
8	10	25 73	0 62
9	10	28 98	0 48
10	10	32 01	0 66
11	11	26 54	0 53
12	7	22 81	0 36
13	10	29 12	0 73
大环	131	409 3	0 44

说明: 首次测量, 第 4 个环有 1 段超限, 第 6 个

参考文献:

- [1] 周必才, 顾乃根, 李治华, 等. DiNi11 数字水准仪在断层形变台站测量中的应用[J]. 地震地磁观测与研究, 2002, 23(1): 315
- [2] 陈聚忠, 楼关寿. DiNi12 电子水准仪震动实验[J]. 国际地震动态, 2008, 11: 315
- [3] 任道胜, 陈如丽, 杨辉, 等. 数字电子水准仪 DiNi10 性能实测分析[J]. 地壳形变与地震, 1998, 18(2): 89-94
- [4] 葛计划, 熊英, 孙军, 等. 数字水准仪 DiNi11/12 原理及应用中应注意的问题[J]. 防灾科技学院学报, 2009, 11(3): 74-75
- [5] GB/T 12897-2006, 国家一、二等水准测量规范[S].

Application of DiNi12 Digital Level in Region Leveling

MENG Xian-gang, GAO Yan-long, ZHAN Wei, LIU Zhi-Guang

(The First Crust Monitoring Center, China Earthquake Administration, Tianjin, 300180, China)

Abstract: Two types of digital levels (Zeiss DiNi12 and Trimble DiNi12) are checked in site and field. The field experiment is carried out in the west of Tianjin. The leveling route reaches 409.3 km in length, including 131 segments, which form 13 closed leveling lines. The experiment results indicate that single reading accuracies of first-class can be achieved even when sight distance is below 50 m, and the working speed is about 5.4 km per day. For cross-fault deformation observation, the leveling route is 115.9 km in length, which is divided into 131 segments with sight distance below 30 m. The working speed reaches 2.8 km per day. These experiments show that DiNi12 Digital level can be applied in region leveling instead of Ni002 and Ni002A automatic levels.

Key words: DiNi12 Digital level; earthquake monitoring; region leveling; closed leveling line; accuracy

(上接第 22 页)

Minimum Magnitudes of Completeness of Shandong Area

——Rydelek-Sacks Test Method

WANG Peng, ZHENG Jian-chang, ZHAO Jin-hua, LU Han-peng

(Earthquake Administration of Shandong Province, Jinan 250014, China)

Abstract: In this paper, the Rydelek-Sacks test method for estimating the minimum magnitude of completeness (M_c) is introduced. Using this test method combining with other methods, on the basis of earthquake catalog of Shandong area since 1970, the M_c of each earthquake tracing region in Shandong area are determined: M_c of Yishu region is 2.4; M_c of western region of Shandong is 2.0; M_c of eastern region of Shandong is 2.8. Finally, the advantage and problems of the method are also summarized and discussed.

Key words: Minimum Magnitudes of Completeness; Rydelek-Sacks test; periodicity; earthquake catalog; earthquake

环有 1 段超限, 第 8 个环有 1 段超限, 第 10 个环有 2 段超限, 第 11 个环有 1 个测段超限, 第 13 个环有 2 个测段超限。计算表明: 如果将超限段返工至闭合差为限差的 50%, 则第 8 个环仍超限外, 其它除第 3 个环以外全部合限。但按二等限差计算, 则全部成果一次合限。

3 结论

针对 Ni002 和 Ni002A 型自动安平水准仪不能满足地震监测中水准测量需求的现状, 本文对蔡司和天宝公司生产的 DiNi12 型补偿式自动安平数字水准仪进行了野外和场地试验。实验证明, 在视距 50 m 范围内, DiNi12 型自动安平数字水准仪能达到一、二等水准测量精度要求, 可以代替 Ni002 和 Ni002A 自动安平光学水准仪用于区域水准测量。