

单程双转点观测法的特点与应用分析

刘景元, 单桂梅, 李红梅

(滨州市水文中心, 山东 滨州 256609)

【摘要】文章介绍了单程双转点观测法的布线方法、适用范围和限差要求,并以小清河博兴段水文高程复核测量为例,通过对比分析实际测验数据,阐述单程双转点观测法的主要特点和存在的问题,并给出采用该方法的建议,以期推动该方法的应用,提高测量作业效率。

【关键词】单程双转点观测法;高程复核测量;作业效率

【中图分类号】P224

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2026)-05-0027-03

Application Characteristics and Analysis of the Single-Trip Double-Turning-Point Observation Method

LIU Jingyuan, SHAN Guimei, LI Hongmei

(Hydrology Center of Binzhou Municipality, Binzhou, Shandong 256609, China)

Abstract: This paper introduces the layout, applicable scope and tolerance requirements of the single-trip double-turning-point observation method. Taking the hydrological elevation re-measurement of the Boxing section of the Xiaoqing River as an example, it expounds the main characteristics and existing problems of the method through comparative analysis of actual measurement data, and puts forward suggestions for its application, so as to promote the popularization of this method and improve the efficiency of surveying operations.

Key words: Single-trip double-turning-point observation method; Elevation re-measurement; Operation efficiency

单程双转点观测法是指在测量路线上,每个转点处分别安置左右相距 0.5 m 的两个尺台,分别对应左右两条水准路线,单程完成路线测量。相对于“往返”或闭合测量,都是用返测数据验证往测数据质量,单程双转点观测法只有往测过程,是用左路线数据验证右路线数据质量。该法适用于常见的三等水准测量和四等水准测量中的支线测量。单程双转点观测法属于光学测微法,采用该方法观测时要求使用有光学测微器的水准仪和对应的线条式钢瓦水准标尺。目前,多数测量单位均配备了数字水准仪,具有光学测微的功能,也就具备了采用该方法开展测量作业的设备基础。

1 单程双转点观测法限差要求

相对于往返测量,单程双转点观测法作为光

学测微法的一种,它的限差要求更为严格,《国家三、四等水准测量规范》(GB/T12898—2009)要求测段、路线的左右路线高差不符值三等测量为 $\pm 8\sqrt{K}$,四等测量为 $\pm 14\sqrt{K}$ 。同时,与其他测量方法相比,该规范还在水准测量仪器站观测限差中要求左右路线转点差三等测量小于 1.5 mm,四等测量小于 4 mm。左右路线转点差为迁站前后左右尺台的高差不符值,即第 n 站的左右路线后视读数差减去第 n-1 站的左右路线前视读数差的绝对值。

2 单程双转点观测法特点分析

2024 年 4—6 月,为确保水文监测数据准确,更好地服务于防汛和通航工作,博兴水文中心采

收稿日期:2025-12-31

作者简介:刘景元(1990—),男,助理工程师

用单程双转点观测法开展了小清河博兴段水文站高程复核测量工作(以下简称高程复核测量)。此次高程复核测量使用天宝 DINI03 数字水准仪进行三等水准测量,高程系统采用 1985 国家高程系统,全长 20.83 km,其中线路一为博兴水文站至金桥闸水位站方向,路线长 14.53 km,线路二为博兴水文站至义和闸水位站方向,路线长 6.30 km,下面以该实际测量案例分析单程双转点观测法的主要特点。

2.1 长距离作业效率高

此次高程复核测量统计,平均每千米用时 1.11 h,每站次用时 0.095 h,其中长距离、多站次

的测段中,平均每千米用时 0.86 h,每站次用时 0.078 h,长距离、多站次的测量较平均每千米少用时 0.25 h,每站次少用时 0.017 h,测量效率明显高于平均水平。测量过程中,每千米用时最短为 0.71 h,路线长 2.59 km,共布设 26 站,每站次测量用时 0.071 h;每千米用时最长为 1.00 h,路线长 1.34 km,共布设 12 站,每站次用时 0.113 h。可见长距离、多站次测量效率明显高于短距离或者少站次的测量。

同时,在高程复核测量期间,选择单程双转点观测法与往返测量方法进行了测量效率对比,详见表 1。

表 1 单程双转点观测法与往返测量观测法测量效率对比表

序号	测量时间	测量路线长/km	测量布设站次/次		测量用时/h		效率提升/%
			单程双转点观测法	往返测量方法	单程双转点观测法	往返测量方法	
1	4 月 02 日	0.49	6	12	0.42	0.52	19.2
2	5 月 23 日	1.32	12	24	1.00	1.60	37.5

由表 1 可以看出,相对于往返测量方法,单程双转点观测法在测量过程中只需一个往测过程,节省了返测过程中人员行进、仪器迁站架设的时间。所以在长距离、多站次的测量项目中,相对于往返测量方法,单程双转点观测法作业效率较高。同时,此次高程复核测量使用的数字水准仪,从数据提取、处理至成果输出用时不到 10 min;相对于常规测量时的人工记录、计算、检验用时,可提高数据处理效率约 60%。

2.2 测量精度高

单程双转点观测法使用数字水准仪和钢瓦水准标尺可以精准读数至 0.1 mm,精度高于普通观测估读的 0.5 mm,且三等测量中单次观测重复读数次数 ≥ 3 次,所以可有效减小普通光学水准仪器的人为读数误差。同时,相对于往返测量,采用该方法测量时,数字水准仪会自动检验每一次迁站前后的左右路线转点差,可提高每一站的测量精度,避免尺台移动、下沉造成的误差,保证了转点高程传导的有效性。另外,采用该方法还会检验最大站差,即在不进行控制点检查的情况下,检验两条线路中的一条是否有系统漂移,可有效保证路线或者测段的误差。

在此次高程复核测量期间,采用单程双转点观测法对两个已知高程点进行了测量精度验证试验。第一次试验测段“4·02”长 0.49 km,实际测

量左右路线高差不符值 0.9 mm,允许高差不符值 ± 5.6 mm,符合测量规范要求;已知点高程为 9.569 m,实际测得高程为 9.569 m,闭合差为 0,小于限差要求的 ± 8.4 mm,试验测量精度合格。第二次试验测段“5·23”长 1.32 km,左右路线高差不符值-0.7 mm,允许高差不符值 $\leq \pm 10.4$ mm,符合测量规范要求;已知点高程为 7.180 m,测得高程为 7.175 m,闭合差为-5 mm,小于规范要求的 ± 15.6 mm,试验测量精度合格。

在高程复核测量中,线路一闭合差为 1.1 mm,远小于规范要求的 45.7 mm;线路二闭合差为 4.4 mm,远小于规范要求的 30.1 mm。两条线路共有 21 条测段,最小高差不符值为 0.2 mm,其允许高差不符值为 8.0 mm;最大高差不符值为 1.7 mm,其允许高差不符值为 9.8 mm。

2.3 经济效益好

采用单程双转点观测法进行三等水准测量,使用的设备、器材和消耗品数字水准仪等多数单位已配备,测量操作规程与往返测量等方法变化不大,所以采用该方法不会使得测量成本的增加。采用该方法正确做好限差设置,按照测量规程进行操作,可以保证测量精度,避免了复测返工等情况,可以有效控制测量成本。同时,由于单程双转点观测法在长距离测量中作业效率较高,使得作业时间减少,综合测量成本降低,所以经

济效益较好。在此次高程复核测量中,平均每千米用时 1.11 h,长距离、多站次的测段中,平均每千米用时 0.86 h, 测量效率较往返测量提高明显,可节约测量成本 20%~40%。

3 存在的问题

3.1 短距离、少站次测量效率不高

采用单程双转点观测法在短距离的测量作业中,由于人员行进的时间较短,基本可以忽略,所以与往返测量相比就没有了明显优势。同时由于测站布设较少,设备迁站架设的次数就少,所以与往返测量用时接近。所以,在短距离、少站次

的测量中,单程双转点观测法与往返测量等方法相比作业效率基本相同。

在此次高程复核测量中,部分测段路线段较短或者测站布设较少,根据实际情况,采用单程双转点观测法或往返闭合测量的方法进行了测量。对比可知对于短路线或者测站布设较少的测量任务,采用单程双转点观测法作业效率与往返测量方法相比,效率接近,单站次测量效率可能更低,详见表 2。

3.2 受测区环境影响较为明显

单程双转点观测法属于光学测微法,规范对该方法的限差要求更为严格,例如基辅分划

表 2 单程双转点观测法与往返测量观测法短路线测量效率对比表

序号	测量时间	测量方法	测量路线长/km	测量布设站数/站	测量用时/h	每千米用时/(h·km ⁻¹)	每测站用时/(h·站 ⁻¹)
1	5 月 30 日	往返闭合测量	0.16	12	0.43	2.69	0.036
2	5 月 30 日	单程双转点观测	0.18	2	0.18	1.00	0.090
3	5 月 24 日	单程双转点观测	0.16	4	0.35	2.19	0.088

所测高差之差为 1.5 mm,而中丝读数法则要求 3.0 mm,该方法更容易超限,测量过程中受测区环境影响较为明显。

1)受气象因素影响。一是当外界条件如光线较弱或过强,使得水准仪无法读取数据或者读数错误导致超限;二是当观测现场风速风力较大时,会对水准仪和水准标尺的稳定性产生影响,轻微的晃动可能会导致超限。在此次高程复核测量中,与无风晴朗天气下仪器提示的超限次数相比,在有风晴朗天气下出现的超限次数明显偏多,部分测站受强风影响出现重复观测超限的情况,影响测量效率。2)受车辆通行等因素影响。小型车辆速度较快,形成的气流影响水准标尺稳定;重型车辆驶过造成的路面震动,会影响水准仪和标尺稳定,使得转点差、最大站差等超限。在高程复核测量中,测段“5·14”所在路段车流量大,使得测量频繁出现基辅分划所测高差之差超限和左右路线转点差超限的情况,导致 2.51 km 长的测段用时达 5.17 h,每千米用时 2.06 h,严重影响测量效率。

3.3 左右路线转点差的局限性

单程双转点观测法中采用了左右路线转点差的限差检验,这是其他方法做不到的。该限差检验保证了迁站前后两转点的高差变化,使得左路线数据具有验证右路线数据质量的基础条件。

但也存在迁站过程中,左右路线转点系统沉降或者抬升,使得左右路线转点差符合限差要求,但高程出现变动的情况。在此次高程复核测量中,测量精度试验测段“4·23”第 8 站次处因施工处盖板活动,转点高程失效,不得不重新布设测站进行测量。

4 建议

一是根据单程双转点观测法的优势、特点,建议在长距离的三等测量任务中采用该方法,测量效率优势明显,在短距离或者测站较少的测量任务中可根据测区环境选择测量方法。二是合理规划测量路线和测量时间,尽可能避免气象变化、车辆通行等测区环境对测量的影响,控制左右路线转点差,可有效保证测量精度,提高测量效率。三是合理划定单站视距,建议三等测量视距为 60~65 m;分段测量,建议每 12~20 站为一测段,设置固定检验点,及时校核,保证测验精度。四是规范使用电子水准仪,正确命名项目和测段,及时导出测量数据并进行数据处理和检验,防指数据丢失,同时保证测量误差在允许范围内。五是单程双转点观测法所需的数字水准仪等器材已普遍配备,建议多采用该方法开展测量作业,以提高作业效率。

(责任编辑 赵其芬)