

改进的二等跨河水准测量在广州市地铁建设中的应用*

刘演志, 秦亮军, 王齐林

(广州市城市规划勘测设计研究院, 广东 广州 510060)

摘要:为实现广州市轨道交通建设目标,在广州地铁建设工程中布设了覆盖整个地铁线路的二等水准高程控制网。基于此,介绍了广州市地铁建设水准控制网二期工程中,改进的测微法二等跨河水准测量方法的施测及精度评定。通过施测检验,测量成果完全满足工程建设精度要求,为广州市地铁建设工程的顺利完成提供了可靠的数据支持。

关键词:跨河水准;测微法;高程控制;精度

中图分类号: P 224.1

文献标识码: B

文章编号: 1007-9394(2010)01-0027-02

Application of Improved Second-Class River-crossing Leveling in Guangzhou City Metro Construction

LIU Yan-zhi, QIN Liang-jun, WANG Qi-lin

(Guangzhou Urban Planning and Design Survey Research Institute, Guangzhou Guangdong 510060, China)

Abstract: To achieve the goal of rail transit construction, the Guangzhou subway construction project at the height control emplaced cover the whole of the second subway line standard control network. This paper describes the Guangzhou subway construction quality control network in the second phase of the project, with the improved micrometer gauge of second-class river-crossing leveling measurement methods and its accuracy evaluation. The experimental results show that the measurement accuracy meets the construction requirements, provides reliable data to support for the Guangzhou City metro successful completion of the construction.

Key words: river-crossing leveling; micrometer gauge; elevation control; precision

0 引言

依据广州市交通网规划,为了实现广州市轨道交通即将开通里程约255 km的建设目标,广州城区建立了覆盖整个广州地铁线路的精密水准控制网。整个水准控制网分二期建设:第一期原网(1、2、3号线及广佛线)自2003年开始布网,于2004年9月完成;2005年对原网进行了二期扩建,由原网与扩建网的272个水准点构成了2010年建设线路二等水准控制网。

1 改进的测微法跨河水准测量

跨河水准测量是大地测量与控制测量中跨越江河水域进行精密高程传递的主要手段。跨河水准测量的方法主要有光学测微法、倾斜螺旋法、经纬仪倾角法、测距三角高程法以及GPS跨河水准测量等^[1]。其原理基本一致,都是针对特定的测设条件消除对应各种误差影响,提高跨河水准的测量精度。

跨河水准测量针对不同的过河情况采用的方法也各异^[2]:当水域宽度在50~100 m时,可采用两测回的常规水准测量方法进行观测,每测回变更仪器高度,高差互差不得超过1.5 mm,取两次观测高差中数为测量结果;当水域宽度在100~

500 m时,可采用光学测微法,通过精密光学水准仪水平视线照准视标,并读记测微鼓分划值,求出两岸高差;当水域宽度在500~1 500 m时,则应采用倾斜螺旋法,使用两台水准仪对向观测,用倾斜螺旋或气泡移动来测定水平视线上下两标志的倾角,计算水平视线位置,求出两岸高差;当水域宽度在1 500~3 500 m时,则采用经纬仪倾角法或测距三角高程法。经纬仪倾角法:使用两台经纬仪对向观测,用垂直度盘测定水平视线上、下两标志的倾角,计算水平视线位置,从而求出两岸高差。测距三角高程法:使用两台经纬仪或全站仪对向观测,测定偏离水平视线的标志倾角,用测距仪量测距离,计算两岸高差。当跨河宽度大时也可以采用GPS测高,求得两岸的大地高差,结合水准仪求出两岸高差。

改进的测微法主要是提高测量过程中的照准精度和读数精度,可从以下两个方面着手:一是对视标上标记线宽度的改进,一般情况下矩形标志线的宽度为^[4]:

$$d = S/25\ 000 \quad (1)$$

其中, S 为跨越水域的视线距离,当 $S = 500$ m 时,则标志线

的宽度可定制为2 cm。为使远距离牌上的标志线清晰,提高照准精度,可加宽标志线的宽度取 $d = S/15\,000$,这样标志线在保证测量精度的同时也更易夹准,便于观测;其二是适当增加长边观测组数和测回数,规范规定当跨河长度为300~500 m时,二等水准测量应进行2个双测回,每半个测回观测远尺读数4组,每组读数5次,每组间移动牌重新对准水准尺分划数^[2]。为提高远尺读数的精度和牌照准精度,适当增加观测的组数。实际操作过程中,由于只采用1台仪器观测,对于距离小于500 m的跨河线路往返各测6测回,每半测回远尺观测4组,每组5个读数,近尺读数2次,组与组之间要重新安置牌,取均值作为最终观测成果。

2 工程实例与成果精度分析

2.1 跨河水准方案设计

二等水准跨河测量的前后视距相差较大,仪器*i*角误差的影响会随着视线长度的增长而加大,致使由短视线的后视读数相减长视线的前视读数所得高差中包含有较大的*i*角误差影响;同时观测视线的加长使得大气垂直折光的影响增大,尤其水面上的空气层及其变化情况与陆地上的完全不同,使得折光影响更为复杂。为满足测量精度要求,跨河地点的选择及其布设应尽可能地减弱上述各种误差的影响,跨河地点及其布设的选择应遵循下列原则:

- 1) 跨河水准点的点位应尽量选取在所通过河段的狭窄处;
- 2) 点位应尽可能选在靠近河边稳固的地方,至少应使两岸的地形尽可能相似,仪器水平视线距离水面有足够的高度,一般不小于2~3 m,以减少非对称性折光和削弱水汽湍流对测量误差带来的影响;
- 3) 跨河水准点布设应构成对称图形,以削弱对称性大气垂直折光的影响,如图1所示。其中,图1(a)为平行四边形布设法,图1(b)为交叉四边形布设法,图1(c)为“Z”形布设法,各布设过程中尽可能保证 $S_1 = S_2$ 、 $d_1 = d_2$;
- 4) 选用高精度的仪器,在同一天的对称时间段进行观测,结果取平均,以削弱大气折光变化带来的测量误差。

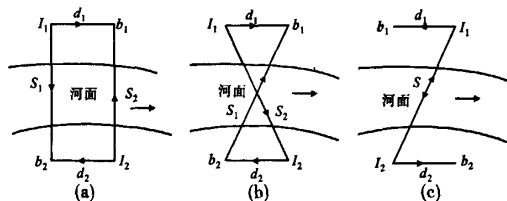


图1 跨河水准线路布设图

Fig. 1 River-crossing level route layout chart

2.2 工程施测

整个地铁建设高程控制网部分的跨河水准测量共31处^[3],其中,水域宽度在100~200 m有15处,200~300 m有5处,300~500 m有10处,1 000 m以上的有1处。通过对上述几种跨河水准方法的比较,从经济成本和实施便利等方面来考虑,同时顾及测量精度要求,整个工程中主要采用改进的测微法进行跨河水准测量。

考虑到水准线路中的跨河部分距离基本都在500 m以下,跨河线路采用图1(c)中所示的“Z”形布设。测量仪器采用经检

验合格的Wild N3精密水准仪,配备专用的3 m钢钢尺。仪器使用前对*i*角进行检验,每次检测仪器*i*角均小于2",满足规范要求^[2]。

施测过程中尽量选择有利的观测条件:观测时间平均分布在一天内的清晨和傍晚时分,这两个时间段内温度稳定,观测气象条件好,仪器成像清晰;同时在观测过程中尽量避免阳光对仪器的直射,必要时刻要给仪器打遮阳伞;为保证读数的精度,在同一条跨河水准测量中由同一熟练的司镜人员来操作仪器。

2.3 测量成果精度分析

现通过地铁二等水准控制网中金沙洲至石井方向的一处过河水准测量数据来进行测量结果具体的精度分析。过河地点选择在通视情况良好,河宽358 m的两岸水泥地面,为减少水汽对观测光线的折射影响,仪器架设后水平视线相距河流水面的高度约为5 m。采用Wild N3仪器实施改进的光学测微法精密水准测量。为了保证测量数据的可靠性和成果精度,分别在同一天的清晨和傍晚对称时间段各进行3个单测回观测,安排每半测回中远尺观测4组,每组取5个读数,近尺读数2次,组与组之间重新调整仪器高,并且重新安置牌,取最后高差均值作为最终观测成果。汇总观测数据,进行跨河水准的高差及中误差解算,其计算结果,如表1所示。

表1 跨河水准成果表

Tab. 1 River-crossing leveling outcome table

测回	测站	$h_{b_1b_2}$	测站	$h_{b_2b_1}$	—测回高差 H
		$h_1 + (b - A)$		$h_2 + (b - A)$	$(h_{b_1b_2} - h_{b_2b_1})/2$
1	I_1	-0.412 71	I_2	0.408 05	-0.410 38
2	I_1	-0.413 29	I_2	0.408 09	-0.410 69
3	I_1	-0.411 87	I_2	0.406 87	-0.409 37
4	I_1	-0.411 50	I_2	0.407 20	-0.409 35
5	I_1	-0.412 85	I_2	0.407 93	-0.410 39
6	I_1	-0.413 51	I_2	0.408 27	-0.410 89
平均		-0.412 62	平均	0.407 74	-0.410 18

高差中数: $H_0 = -0.410\,18\text{ m}$

每测回高差中误差: $m_H = \sqrt{[vv]/(N-1)} = \pm 0.66\text{ mm}$

高差中数中误差: $m_{H_0} = m_H/\sqrt{N} = \pm 0.27\text{ mm}$

在金沙洲至石井段的跨河水准中,可得各测回高差中差的限差为^[5]:

$$d_{\text{限}} = 4M_{\Delta} \sqrt{N \cdot S} = \pm 5.86\text{ mm} \quad (2)$$

式中: M_{Δ} 为每公里水准测量往返高差中数的偶然中误差,二等水准 $M_{\Delta} = \pm 1\text{ mm}$; N 为测回数; S 为跨河宽度,单位为km。从表1中可以看出,采用改进的光学测微法进行跨河水准测量,测回中误差远远小于限差,满足精度要求。

本次施测过程中,大部分河面宽度在500 m以下,均可采用改进的测微法进行过河水准测量。在保证测量精度的同时,该方法更为便捷,易于实施。通过采用改进的测微法进行的二等跨河水准测量,整个测量结果每测回高差中误差最大为 $\pm 3.24\text{ mm}$,最小为 $\pm 0.41\text{ mm}$;高差中数中误差最大为 $\pm 1.32\text{ mm}$,最小为 $\pm 0.17\text{ mm}$ 。由计算结果可见,采用改进后的测微法进行跨河水准测量精度较高。

(下转第32页)

之间的高差已知,可求出这两条等高线之间的土方量。如果将两等高线之间的体积近似的视为截锥体,则每层锥体体积计算公式为:

$$V = (A_i + A_{i+1} + \sqrt{A_i + A_{i+1}}) \cdot (h_{i+1} - h_i) / 3 \quad (6)$$

式中: A_i 为锥体的底面积; h_i 为第*i*条等高线的高程。该法计算精度受等高距的影响很大。由此法计算的结果为83 732.57 m³。

平均高程法测量时,隔一定距离(20 m)测1个碎部点,把所有的碎部点高程相加取平均,作为该测区平均高程。该方法在地形复杂区域误差较大,通常用于工程量的大概估计。

2.5 几种方法的比较分析

某场地平整土方测算方法具体实例的比较,如表2所示。

表2 土方测算方法具体实例比较

Tab. 2 The comparison of the actual example of surveying and calculating methods of cubic meter of earth quantity

方法	计算体积/m ³	相对精度对比/%
断面法	79 854.44	2.65
格网法	82 355.90	0.40
不规则三角网法(TIN)	82 180.14	0.18
等高线法	83 732.57	2.07

由表2可知,采用断面法、格网法、TIN法、等高线法这4种不同方法计算的工程量都不一样。如果以各自计算的工程量数的平均值82 030.76 m³为最佳值,可以计算出相对精度比。从表2中可以看出,TIN法和格网法能较准确的计算土方量。

3 结论

通过对几种土方量计算方法的比较,可以得出以下几点结论:

1)在较平坦的平原区和地形起伏不大的场地,宜采用格网法。这种方法计算的数据量小,计算速度快,省去了DTM法庞

大的数据存储量。

2)复杂的狭长带状地形场地,挖填深度较大,不规则的地段,且精度要求较低的场合,适宜使用断面法进行土方量的计算。如公路、水渠等。

3)在地形起伏较大、精度要求高的一些山区则可选用TIN和等高线的计算方法。但也要考虑到,如果地图本身数据量大,数据存储量的问题。

总之,在对土方量进行计算时,要考虑到地形特征、精度要求以及施工成本等多方面的情况,选择合适的计算方法,才能达到最优的目的。

【参 考 文 献】

- [1] 张国良. 矿山测量学[M]. 徐州:中国矿业大学出版社,2006.
- [2] 安海波. 现代矿山测绘新技术与实际应用及现场操作技术规范[M]. 西安:西北矿业学院出版社,2006.
- [3] 刘福臣. 二十一世纪的中国矿山测量[J]. 煤炭技术,2008(4): 113~114.
- [4] 汪云甲,郭志达,邓喀中,等. 我国矿山测量学科的发展与创新[J]. 测绘通报,2005(2):3~8.
- [5] 吴威龙. 基于不规则三角网数字高程模型(DEM)的土方计算方法[J]. 湖北民族学院学报,2008,26(2):234~236.
- [6] 罗云志,李接艺. 土木工程土石方量计算方法及应用[J]. 企业科技与发展,2008(14):131~132.
- [7] 程传林. 土方量计算方法比较[J]. 铜陵学院学报,2004(4):62~63.
- [8] 涂群生,裴红艳. 利用数字地形图计算土石方的方法[J]. 科技企业周刊,2007,20(6):194~195.
- [9] 江思义,裴德西. 全站仪三角高程测量的新方法[J]. 中国矿业,2006,15(11):71~72.
- [10] 罗周全,刘晓明,刘望平. 数字矿山的技术基础[J]. 中国钨业,2005,20(6):8~12.

作者简介:马占林(1969~),男,云南丽江人,工程师,现主要从事工程测量、地籍测量等方面的工作。

(上接第28页)

3 结束语

改进的测微法跨河水准测量,通过适度加宽觇牌标志线的宽度,更有利于观测过程中卡数,便于观测;同时适当增加观测的测回数从而减少观测误差。采用改进的测微法进行二等跨河水准测量,在不增加较大工作量的同时,又能提高测量精度,保证施测的可操作性。跨河部分的高精度水准测量为整个地铁水准控制网的精度提供了数据保障。

从地铁建设多年的使用情况来看,跨河水准成果较好地满足了地铁新线建设的精度要求。同时,依据规划、点位的使用情况及保存情况,及时对整体水准控制网进行扩建、复测和修补,能更好地满足工程建设发展的需要。

【参 考 文 献】

- [1] 华锡生,黄腾. 精密工程测量技术及应用[M]. 南京:河海大学出版社,2002.
- [2] GB/T12897-2006,国家一、二等水准测量规范[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [3] 广州市轨道交通工程2010年建设线路二等水准控制测量技术总结[Z].
- [4] 孔祥元,梅是义. 控制测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2001:7.
- [5] 谢远光,邱旭富,刘成龙. 厦门海沧大桥二等跨海水准测量的实施[J]. 重庆交通学院学报,2000(6):112~114.

作者简介:刘滨志(1981~),男,湖南岳阳人,硕士,工程师,现主要从事城市工程测量方面的工作。