

# 一种高度测量方法的探讨

林连溪

(漳州市测绘设计研究院 福建 漳州 363000)

**摘要:** 高度测量可以用水准测量、三角高程测量、数字化直接测量等多种测量方法,当前由于结构复杂的建构物日益增多,对于这类建构物的高度测量中,不一定都能顺利施测,常用的测量方法显示出其局限性。本文以对中国女排三连冠纪念碑高测量为例,介绍了一种新的高度测量方法——两站测角高度测量法。

**关键词:** 高程测量; 数字化直接测量; 两站测角高度测量法

中图分类号: P224 文献标识码: B 文章编号: 1672 - 5867(2014)09 - 0201 - 03

## Discussion on Height Measurement Method

LIN Lian - xi

(Zhangzhou Design and Research Institute of Surveying and Mapping, Zhangzhou 363000, China)

**Abstract:** In surveying, height methods are various with leveling, trigonometric leveling and digital direct measurement. In fact with more complex structure of the buildings, commonly used measuring method shows its limitations since it cannot obtain accurate results smoothly. Commonly used measuring method shows its limitations. The paper takes the Chinese women's volleyball Monument as the example for height measurement and introduces a new height measurement method—two stations angular height measurement method.

**Key words:** elevation measurement; digital measurement; two stations angular height measurement method

### 0 引言

传统高程测量有水准测量及三角高程测量的方法,对于水准测量需直接摆水准尺于目标之上,三角高程测量需量测测站到目标的竖直角及斜距(或者平距),有些结构复杂的建构物的高度测量,由于现场条件限制,不能在目标上摆放水准尺,也无法测得目标到仪器的距离,传统的水准测量和三角高程测量均无法实现。笔者经过多年的外业操作及经验总结,提出了一种新的高度测量方法——两站测角高度测量法。

### 1 两站测角高度测法

#### 1.1 观测条件

两站测角如图1所示。要测目标C点高度,通过在与C点同一竖直面内的A、B两测站摆设测角仪器观测C点的竖直角 $\alpha$ 、 $\beta$ 以及A、B两测站间的平距L,并量取两测站对应的仪器高 $i_A$ 、 $i_B$ ,通过简单计算即可得到目标C点的高度(或者高程)。A设站后瞄准C点,保持水平角不变,先确定B测站的位置,然后再量出平距L。

#### 1.2 计算公式推导

根据图1有:HA视线高 =  $HA + i_A$ ; HB视线高 = HA

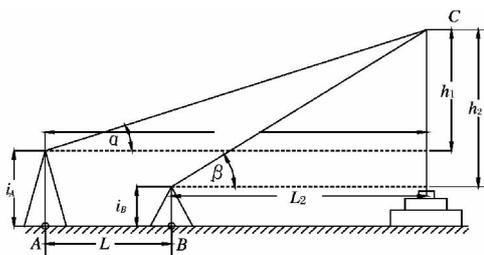


图1 两站竖面测高法示意图

Fig. 1 Height measurement of two stations with profile

$+ i_B$ ;  
 $h_2 - h_1 = HA$  视线高 -  $HB$  视线高 =  $HA + i_A - HB - i_B$ ;  
 $L_1 = h_1 \times \cot\alpha$ ;  $L_2 = h_2 \times \cot\beta$ ;  $L_1 - L_2 = h_1 \times \cot\alpha - h_2 \times \cot\beta = L$   
则 联立  $h_2 - h_1 = HA + i_A - HB - i_B$  与  $h_2 \times \cot\beta - h_1 \times \cot\alpha = L$   
解方程得  $h_2 = [L - (HA + i_A - HB - i_B) \cot\alpha] / (\cot\beta - \cot\alpha)$ ,

从而求得C点的高程  $H_c = h_2 + HB + i_B$ 。

#### 1.3 计算公式的一般化

1.2的计算推导要求A、B、C在一条直线上,现把1.2

收稿日期: 2014 - 02 - 14

作者简介: 林连溪(1963 - ) 男, 福建龙海人, 工程师, 本科学历, 主要从事测绘质检工作。

的计算一般化,即不必拘泥于  $A, B, C$  共线。如图 2 所示,  $A, B$  任意架站观测  $C$  点,此时只需多测水平角  $c_1$  ( $\angle C'AB$ )  $c_2$  ( $\angle C'BA$ ) 两个水平角。

依余弦定理,建立方程:

$$\cos(180 - c_1 - c_2) = ((h_1 \cot\alpha)^2 + (h_2 \cot\beta)^2 - L^2) / 2h_1 \cot\alpha \times h_2 \cot\beta \quad (1)$$

根据 1.2 有  $L_2 - h_1 = HA + i_A - HB - i_B$  (2)

联立方程(1)和(2),并令  $N_1 = HA + i_A - HB - i_B$ ;  $N_2 = \cot\alpha$ ;  $N_3 = \cot\beta$ ;  $N_4 = \cos(c_1 + c_2)$  解得  $h = ((N_1 \times N_2^2 - N_1 \times N_2 \times N_3 \times N_4) \pm \text{SQRT}((N_1 \times N_2^2 - N_1 \times N_2 \times N_3 \times N_4) \times (N_1 \times N_2^2 - N_1 \times N_2 \times N_3 \times N_4) - (N_2^2 + N_3^3 - 2 \times N_2 \times N_3 \times N_4) \times (N_1^2 \times N_2^2 - L^2))) / (N_2^2 + N_3^3 - 2 \times N_2 \times N_3 \times N_4)$

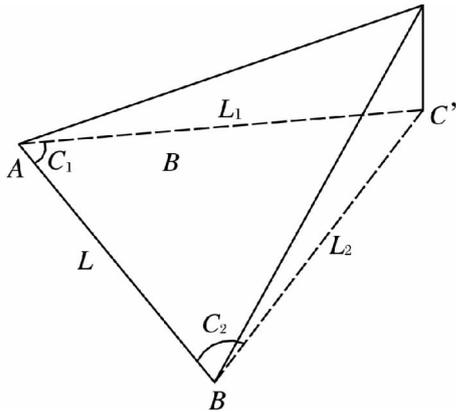


图 2 不需竖面一般化测高法示意图

Fig.2 General method for height measurement with no need of profile

为了克服公式长的缺点,借助 Excel 电子表格,将  $N_1 \sim N_4$  和  $L$  设置在表格左至右 1~5 空;准确输入公式,保存。每次测完  $\alpha, \beta, c_1, c_2, L$  后,小计算出  $N_1 \sim N_4$  和  $L$  数值,将数值对号入座 1~5 空,再分别于  $h_2, h_2$ , 下格复制粘贴各自对应的 1 2 行公式,后在公式前输入等号,回车,  $h$  就自动算出并显示于所指定格中,剔除无意义解,就取得成果。至此,这种高度测法,测的时候灵活,算的时候简单,方法更优化;同时免除倒镜或大调焦等精度劣影响。

### 1.4 计算公式的简化

实践中值得注意的是:当在平坦地,两站高程近乎相等且仪高也相似时,即它们的差值可忽略不计的话,由于计算公式中的  $(H_A + i_A - H_B - i_B) \cot\alpha$  为零,公式即变成  $h_2 = L / (\cot\alpha - \cot\beta)$ ;另外一般化的公式中  $N_1 = H_A + i_A - H_B - i_B = 0$ ,公式则变成  $h = (\pm \text{SQRT}(L^2(2N_2N_3N_4 - N_2^2 - N_3^2))) / (N_2^2 + N_3^2 - 2N_2N_3N_4)$ 。公式被大大简化,计算大为容易。这种情况在实际工作中会经常遇到,有时可以人为地选站和摆站,促成简化公式计算的条件。

## 2 两站测角高度测法的应用实例

两站测角高度测法应用于中国女排三连冠纪念碑高测量,纪念碑如图 3 所示。



图 3 女排三连冠纪念碑

Fig.3 Three consecutive championships of women volleyball

现场纪念碑碑底心、碑顶尾均不能及,无法直接丈量其高度,水准测量也无法施测。三角高程测量由于纪念碑顶部为一圆球,免棱镜测量无法获得足够的回波强度即无法量测其斜距,三角高程测量亦无法进行,此例采用两站测角高度测法(如图 4 所示),在纪念碑附近任意摆设  $A, B$  测站,量取各自测站到碑顶的竖直角  $\alpha, \beta$  以及  $A, B$  两测站间的平距  $L$  和水平角  $c_1, c_2$  根据 1.3 的计算推导即可得到  $h_2$ ,从而碑顶的高程则为  $H_c = h_2 + HB + i_B$ ,若再测知碑座与地面接触点  $c'$  处高程  $H_{c'}$ ,则得到碑高  $h = H_c - H_{c'}$ 。

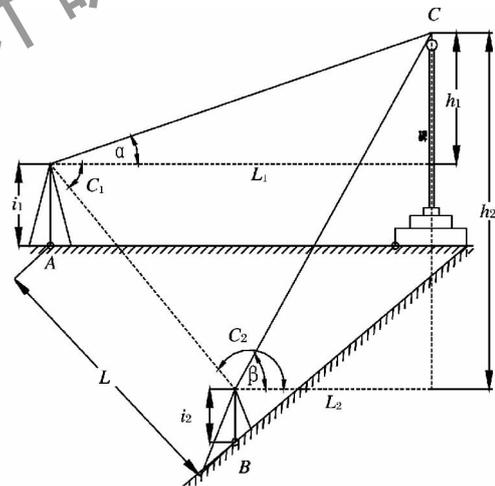


图 4 纪念碑高度测量示意图

Fig.4 Monument height measurement

运用这种两站测角高度测量法,保证了中国女排三连冠纪念碑高测量圆满完成,成果得到漳州市规划局采用。

## 3 两站测角高度测量法的另处使用

### 3.1 电力测量和悬高测量

两站测角高度测量法可以用于高压顶端高及拉线低垂谷点高(如图 5 所示),避免人在高压中危险,并解决类似难测问题。

### 3.2 规划竣工高度测量

两站测角高度测量法可以用于如图 6 所示的竣工测量,测出翘角、弓顶、封闭箱式顶目标高,满足规划建筑限高管理需要。



图5 电力测量

Fig. 5 Power measurement



图6 规划竣工测量

Fig. 6 Planning completion measurement

#### 4 结束语

两站测角高度测法具有较宽广的类型领域,具有较

[编辑:胡雪]

(上接第200页)

问题的关键。一般在海洋测量中,采用临时验潮站的方式来解决这个问题:采用自动潮位仪进行潮位观测,完成海上水尺高程传递,在进行有验潮测量过程中采用RTK采集临时验潮站同一时刻的水位,求取各验潮站的RTK高程改正数,进行高程拟合计算。

#### 3.4 测深延迟效应的影响

该问题是定位时刻与测深仪测深时刻不同步导致的定位点的水深值移位的问题,其为系统误差。不同步有两方面:一为软件发送给RTK接收机的定位时刻与发送给测深仪的测深标记时刻不同步;二为测深仪本身发射的声波时刻滞后于世界标准时的整秒时刻所引起的测深点位移,不同的测深仪的测深延迟时间不同。

实际工作中RTK和测深仪数据采样不同步产生的延迟时间根据仪器及软件的不同而长短不一,两者之间时间差最大有时为0.5s,产生的误差将超过2~3m,相邻测线测量点水平相对误差效应将达2m,不能满足绘制1:1000及以上大比例尺地图的使用要求。目前,测量导航软件都具备实时改正的功能,但是用户在测量前必须进行必要的测试,求出在一定航速下两者之间的时间关系,并在后续测量作业中尽量保持测量船速与测定的船速一致,从而尽可能减少这部分的误差影响。

#### 3.5 其他影响因素

为了保证水深测量的精度,在RTK无验潮水深测量中除了注意以上影响因素外,对测深仪本身误差的改正、

大的发展使用空间,不仅对上述种类可以测量,而且对各种超转塔、山顶楼亭尖、各位置避雷针和雷达高度等也都能测量。只要和女排碑高一样目标确定,任何项目的高都适用,甚至对运动着的物体高度,如烟花高度,只要稍变革测法,让两站同时摆测,就能达到目的。况且,运用这种高度测法,还能测得测站到目标的平距和斜距。

两站测角高度测法虽然操作简单实用、效率高,但在实际应用中还需考虑所测目标光度折射,测时大气压强和温度等问题,以准确瞄准目标,读取数据。对两站测角高度测法的研究还需不断开拓,不断补充完善,以取得最佳高度测绘成果。

#### 参考文献:

- [1] 马建. 三角高程测量新方法的分析与应用[J]. 山东煤炭科技, 2011(4): 135-136.
- [2] 方懿. 悬高测量法的探讨[J]. 江西建材, 2012(1): 237.
- [3] 田建军, 刘峰. Auto CAD在测量工程作图中的应用[J]. 科技传播, 2013(6): 122, 104.
- [4] 闫界华. 浅谈大同市规划验收竣工测量[J]. 山西建筑, 2011(30): 202-203.
- [5] 李维明. 锐角三角函数的简单应用[R]. 无锡: 无锡市华庄中学当量教学讲学稿, 2013.
- [6] 齐建伟, 白永辉. Excel电子表格在测量计算中的应用[J]. 测绘通报, 2001(S1): 53-54.

[编辑:胡雪]

动态吃水改正、船速改正、声速改正、海水的盐咸度、浑浊度等都要进行仔细处理,避免误差的累计。

#### 4 结束语

RTK无验潮测深技术虽已逐步被使用,但是要想得到精确的水深测量图成果,需要考虑诸多因素的影响,只有有效控制每一项影响精度的因素,最终的成果质量才能得到保障。本文系统地分析了RTK无验潮水深测量中影响精度的几个关键问题,并提出了可行的控制方法,应予以重视。要通过各种有效对策及方法降低和避免各种误差因素带来的影响,提高工作质量及工作效率。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通部. JTJ 203-2001 水运工程测量规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [2] 冯守珍, 胡光海. 水深测量误差成因分析[J]. 海岸工程, 2004, 23(2): 47-49.
- [3] 林辉, 吴立新, 方兆宝. 水深测量的误差因子分析[J]. 海洋测绘, 2005, 25(2): 2-3.
- [4] 赵建虎, 刘经南, 周丰年. GPS测定船体姿态方法研究[J]. 武汉测绘科技大学学报, 2000, 12(4): 353-357.
- [5] 卢军民, 安延云, 张东明. 影响水深测量精度的几个问题探讨[J]. 水运工程, 2010, 12(5): 47-51.

[编辑:胡雪]