

# Application of Triangular Elevation Measurement of Special Target Single Rod Device in Engineering

Yutian Liang Yinghao Li Qinghui Qi

Shenyang Urban Construction University, Shenyang, Liaoning, 110001, China

## Abstract

The paper uses a total station trigonometric leveling, and use a special target single rod device to change its height for opposite observation. Object observation in the elimination or weakening of atmospheric refraction, instrument height measurement error and other impact on the accuracy of surveying and mapping, so that it can meet the requirements of leveling accuracy, and then applied to practical engineering survey projects to solve the problem of elevation difficult to transfer due to the complex observation environment.

## Keywords

object observation; measurement; measurement accuracy

## 特殊觇标单杆装置三角高程测量在工程中的应用

梁雨田 李璿昊 齐庆会

沈阳城市建设学院, 中国·辽宁 沈阳 110001

## 摘要

论文采用全站仪三角高程测量, 利用特殊觇标单杆装置来改变其高度进行对向观测。对象观测在大气折光的消除或减弱、仪器量取误差等对测绘精度的影响, 使之满足等同于水准测量精度要求, 再应用于实际工程测量项目, 解决因观测环境复杂带来的高程难以传递的问题。

## 关键词

对象观测; 测量; 测量精度

## 1 引言

近年来, 随着高精度、高效率、高稳定性全站仪的出现, 传统测量方法不断发生改革。例如, 徕卡 TS30 自动测量机器人, 利用其测距、测角等高精度测量功能, 三角高程测量已成为高程控制测量的一种重要方式, 在测绘生产中得到了广泛的应用。三角高程测量是根据已知点的高程, 通过观测已知点与目标点的距离和垂直角确定所求点高程的一种高程测量方法<sup>[1]</sup>。它不仅适用于多种地形条件下的高程控制测量, 还可以在实际作业中和平面控制测量同时进行。由于其简便灵活的观测流程, 作为一种常用的方法, 特别是在崎岖山区或观测点布设在高层建筑物的顶部时更为作为重要的选择。目前, 三角高程测量主要通过待测点与已知点间的对向观测, 减弱误差带来的影响, 提高测量的精度。通过实践表明, 在

地形起伏较大的丘陵、山区等通视条件不好的条件下, 三角高程测量作业效率要相对于传统水准测量较为显著。可是测量精度还受一些其他因素的影响, 如棱镜高量取误差, 大气折光和地球曲率误差随距离增大的影响。而这种特殊觇标单杆装置可以有效地解决这一问题, 并在实际的三角高程测量案例中得到了验证<sup>[2]</sup>。

## 2 特殊觇标单杆装置简介

随着测绘市场对测量精度的不断需求, 对测量设备也是前所未有的挑战, 精度高、结构复杂的特殊测量装置不断涌现, 测量技术要求的提高对于觇标单杆的高度以及伸缩性也是逐渐提高, 并且需要保证每一个测量细部点的精度, 这里就存在着一些矛盾要解决, 过去的觇标单杆在限杆高度上存在缺陷, 普通的觇标高最高只能到 3m, 而这种特殊的觇标单杆装置, 是一种升降式变形观测装置, 最高可达 6.5m。

【基金项目】2020 年国家级大学生创新创业项目(项目编号: 202013208010)。

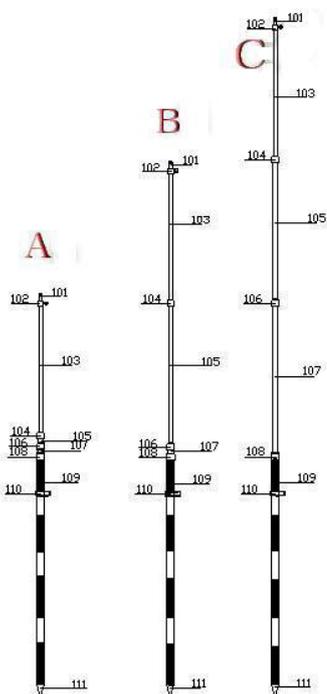


图1 特殊水准单杆装置示意图

特殊水准单杆装置包括3个外杆、1个花杆(如图1所示), 所述3个外杆相对于1个花杆作上下运动, 所述3个外杆的每个杆下端上固定有螺旋紧环, 该螺旋紧环露出外杆的一端有刻度, 螺旋对应的刻度就是对应的水准高, 3个外杆根据工程现场情况从下而上运动, 自由调整水准高度值, 第一节外杆刻度是2.00~3.50m, 第二节外杆的刻度是从3.50~5.00m, 第三节外杆的刻度是从5.00~6.50m, 水准高最多可以到6.50m, 可以跨越一般的6.50以下的建筑物进行测量。外杆最上端可以固定水准棱镜, 花杆下端尖部立在观测点上, 外杆相对于花杆可上下升降移动。将旋转任一外杆螺旋在任意高度位置固定, 测量时可以根据所在刻度记下水准高, 螺旋间产生压紧力使夹紧环朝中心收缩, 抱紧下一节杆, 由此实现杆之间的固定。

### 3 改变水准高度的三角高程基本原理

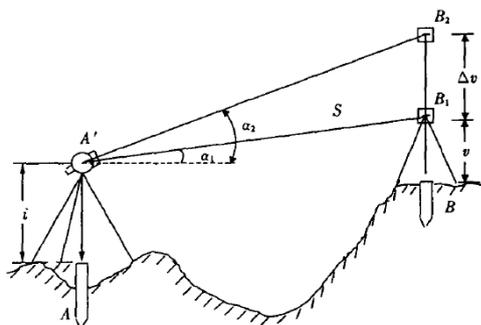


图2 改变水准高度的三角高程基本原理示意图

如图2所示, 已知高程点A处安置有全站仪, 待求高程点B放置垂直竖立特殊水准单杆装置, B<sub>1</sub>和B<sub>2</sub>存在不同的高度差, BB<sub>1</sub>高度为v。BB<sub>2</sub>, 高度为v+Δv。i为仪器高度, α<sub>1</sub>, α<sub>2</sub>分别是TS30全站仪瞄准B<sub>1</sub>和B<sub>2</sub>所测得的垂直角。根据垂直角观测的原理, 在垂直平面内的三角形AB<sub>1</sub>B<sub>2</sub>, 中存在着如下的角度关系:

$$B_1AB_2 = \alpha_1 - \alpha_2$$

$$A'B_2B_1 = 90^\circ - \alpha_2$$

依据正弦定律可得:

$$A'B_1 = \Delta v \cdot \frac{\sin(90^\circ - \alpha_2)}{\sin(\alpha_2 - \alpha_1)} \quad \text{即} \quad A'B_1 = \Delta v \cdot \frac{\cos \alpha_2}{\sin(\alpha_2 - \alpha_1)} \quad (1)$$

则A、B两点间的水平距离为:

$$D = A'B_1 \cos \alpha_1 \quad (2)$$

将(1)代入(2)可得:

$$D = \Delta v \frac{\cos \alpha_2 \cos \alpha_1}{\sin(\alpha_2 - \alpha_1) \tan \alpha_2 - \tan \alpha_1} \quad (3)$$

求得A、B两点间水平距离后, 在根据高差计算公式:

$$h_{AB} = D \tan \alpha_1 + (1 - k) \frac{D^2}{2R} + i - v \quad (4)$$

将(3)代入(4), 即求得A、B两点间的高程差值为:

$$h_{AB} = \frac{\Delta v \tan \alpha_1}{\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1} + \left( \frac{1 - k}{2R} \right) \left( \frac{\Delta v}{\tan \alpha_2 - \tan \alpha_1} \right)^2 + i - v \quad (5)$$

式中, k为当地大气折光系数, 一般取值=0.14; R为地球平均曲率半径, 取值为R=6370km。

根据上式不难由A点高差求出B点高程。

## 4 改变特殊水准高度法三角高程测量的观测方法

### 4.1 单向观测时的方法

在进行单向观测时, 如图2所示。首先, 在已知高程点A安置经纬仪, 严格对中后, 量取仪器度i, 同时在待求高程点B竖立水准并量取其高度v, i和v均应测量两次, 其误差不大于1mm, 两块水准的间距Δv, 可事先设置, 并用特殊水准装置精确测量其长度; 其次用精密全站仪分别瞄准水准测得B<sub>2</sub>和B<sub>1</sub>, 测得垂直角α<sub>1</sub>和α<sub>2</sub>, 测回数按照2~4个测回设置; 最后所测数据Δv、α<sub>1</sub>、α<sub>2</sub>、i、v以及k、R代入公式(5), 即求得A、B两点间的高差。

### 4.2 对象观测时的方法

当进行对向观测时, 先在A点安置仪器进行单向观测的方法测得h<sub>AB</sub>, 然后再将全站仪安置到B点, 将特殊水准竖立于A点上, 同样的方法观测得h<sub>BA</sub>, 最后将往、返观测所得

高程差的绝对值之和,计算平均值作为最终观测结果<sup>[3]</sup>。而在此时通过对对象观测,可以消除或者减弱大气光折射和地球曲率的带来的误差影响。而  $h_{AB}$  与  $h_{BA}$  符号相反,故对向观测的高差计算公式为<sup>[4]</sup>:

$$h_{AB} = \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta v \tan \alpha_{1AB}}{\tan \alpha_{2AB} - \tan \alpha_{1AB}} - \frac{\Delta v \tan \alpha_{1BA}}{\tan \alpha_{2AB} - \tan \alpha_{1AB}} \right) + \frac{1}{2} [(i_{AB} - v_{AB}) - (i_{BA} - v_{BA})] \quad (6)$$

式中,数据的下标 AB 表示往测(A向B方向),下标 BA 反之。

## 5 实例分析

### 5.1 项目概况

某山区旅游轨道交通项目测区山势陡峭,线路崎岖,相对海拔差约 800m,选线难度极大,依照传统水准测量进行高程传递,极其困难,耗费大量人力、物力不说,精度也难以符合测量需要,只能采用三角高程来代替,建立高程控制网,为后续测量工作提供测量基准数据。

### 5.2 作业流程

选择 TS30 型全站仪依照上述对向观测方法进行实施,在保证外界环境因素影响的前提下,选择同一时段进行观测,山区观测环境较差,本项目采用徕卡 TS30 测量机器人(测角精度 0.5",测距精度 0.6mm+1ppm,测程 3500m),这种测量机器人能自动照准、寻找目标十分方便,前提是需要两点间互相通视。

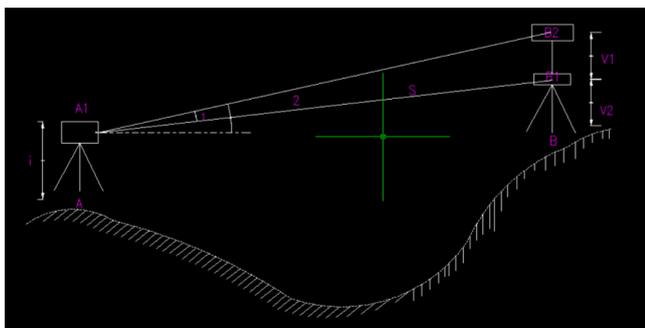


图 3 观测示意图

在观测过程中,采用特殊觇标装置和配套的徕卡标准棱镜,进行测量。每组观测 3 个测回,得到相应数据,通过计算得到。完成观测后,再去山顶 B 处架设全站仪,同理得到。

## 5.3 数据分析

数据采集完成,待所有参数测量合格后,方可采用上述公式进行数据处理,各项指标必须严格按二等水准测量要求。经计算得到高程平差值及其精度,如表 1 所示。

表 1 高程平差值及其精度

观点点号	高程值	精度
A	634.0376	
B	957.8919	0.34

通过对某山区旅游轨道交通项目进行实地测量,得出相应数据,进而计算出待测点的高程数据,精度达到了标准。

## 6 结语

在此次的实例中,全站仪设站位置选择灵活,两点间须通视,测量的效率相较于传统水准测量有了明显的改观,在工作强度上也是为测绘人员减轻了负担。因为 TS30 测量机器人具备自动照准、锁定目标等功能,提高了仪器的自动化水平,所以三角高程测量的精度和可操作性也得到了很大的提升。因此,论文的研究内容对测绘生产具有如下的参考意义和实用价值:

- (1) 三角高程测量中对于改变觇标高度,选取一台精密全站仪即可完成此项工作。
- (2) 避免短边原则。可以适当通过增加对中次数来提高测绘精度。
- (3) 增加测回数来对于观测精度有着明显的作用。

## 参考文献

- [1] 焦川川. 中间法三角高程测量在二等跨河水准中的应用[J]. 智慧城市,2020(15):49-50.
- [2] 徐汉涛. 改变觇标高度的三角高程测量[J]. 南通大学学报(自然科学版),2004(04):45-47.
- [3] 田爱民. 矿井测量中觇标及仪器的对中误差对测角的影响[J]. 山西焦煤科技,2008(11):19-20+29.
- [4] 李正中,高铁军. 双觇标三角高程测量及其在露天矿采场测量中的应用[J]. 冶金测绘,1993(04):40-47.