

# 一种对复杂施工环境下的全站仪避障观测手段

余 淹, 张硕儒\*, 赵兴强, 刘洪帅, 柴 松

中国水利水电第十四工程局有限公司, 云南 昆明

收稿日期: 2024年11月3日; 录用日期: 2024年11月29日; 发布日期: 2024年12月4日

## 摘要

全站仪作为现代测量领域的核心工具之一, 在精度需求较高、信号条件不良(树林、高层建筑周边及遮蔽建筑下等)的工程测量中存在不可替代的作用, 但由于全站仪测量的原理是基于激光测距技术进行的直线测量, 在仪器架设位置与目标点间存在障碍的情况下无法有效测量目标点, 传统解决方式为更改仪器位置, 但在障碍物较多时频繁更换仪器位置在浪费时间的同时也会由于频繁地重新设站产生误差。文章主要论述一种在不移动仪器的情况下, 通过设置中继观测棱镜来避开障碍物间接观测目标点的测量技术, 节省观测时间成本。

## 关键词

避障观测, 中转棱镜, 方法技术

# An Observation Method for Total Station Obstacle Avoidance in Complex Construction Environment

Gan Yu, Shuoru Zhang\*, Xingqiang Zhao, Hongshuai Liu, Song Chai

Sinohydro Bureau 14 Co., Ltd., Kunming Yunnan

Received: Nov. 3<sup>rd</sup>, 2024; accepted: Nov. 29<sup>th</sup>, 2024; published: Dec. 4<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

As one of the core tools in the field of modern measurement, the total station has an irreplaceable role in the engineering measurement with high accuracy requirements and poor signal conditions (forests, high-rise buildings, sheltered buildings, etc.), but because the principle of total station measurement is based on laser ranging technology, the target point cannot be effectively measured when there is an obstacle between the instrument erection position and the target point, and the traditional solution is to change the position of the instrument. However, when there are many

\*通讯作者。

obstacles, frequently changing the position of the instrument will waste time and cause errors due to frequent re-setting of the station. This paper mainly discusses a measurement technology that can avoid obstacles and indirectly observe the target point by setting up a relay observation prism without moving the instrument so as to save the observation time and cost.

## Keywords

**Obstacle Avoidance Observation, Transit Prisms, Methods and Techniques**

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在现代测绘工作中，复杂环境下的测绘工作主要由 RTK 进行，但由于施工场地和施工工艺的原因，在非露天环境及高精度测量工作中，由于 RTK 受信号影响波动较大，无法有效进行高精度测量，故全站仪的应用是不可取代的。

但同样由于施工场地的限制，存在大量视线遮挡的工作环境下，由于单测站难以通视所有目标点，故需要频繁地移动仪器来完成对所有目标点的测量，浪费了大量的时间。且由于每个点的测量都不可能绝对准确，都存在一定的误差，搬站的次数越多，误差累积就越大[1]，如果不进行平差的话，最终测量成果精度会极差，虽可以通过采用多台全站仪进行联合测量来解决，但由于全站仪成本较高且全站仪操作较为复杂，需投入大量成本。故此，无论是从成本节约的角度还是从对测量成果精度需求的角度来看，都需要一种对于存在大量视线遮蔽物的环境下进行测量的手段和技术。

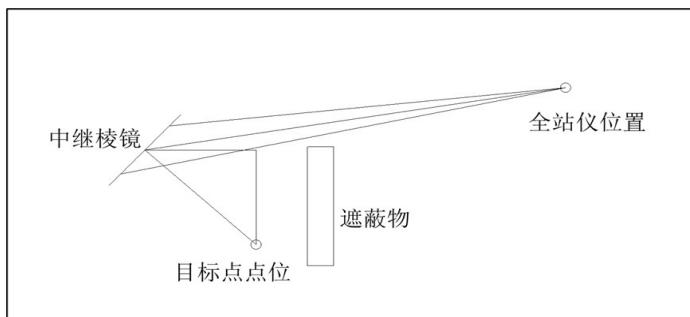
## 2. 全站仪测量原理与避障测量方法

### 2.1. 研究内容

由于全站仪测量原理基于激光的直线传播[2]，故无法做到在存在遮蔽物的情况下对目标点位进行观测，故本文中讨论一种在平面上设置中转的方式绕过遮蔽物，对遮蔽物后的目标点位进行观测。通过在目标点棱镜与仪器之间加设一台特制的中继棱镜观测设备的方式达到绕开遮蔽物的目的。

### 2.2. 研究方法

首先测量中继棱镜观测设备坐标，随后依据两点确定直线的方式确定棱镜与待测目标间的坐标方位



**Figure 1.** Schematic diagram of obstacle avoidance measurements

**图 1. 避障测量示意图**

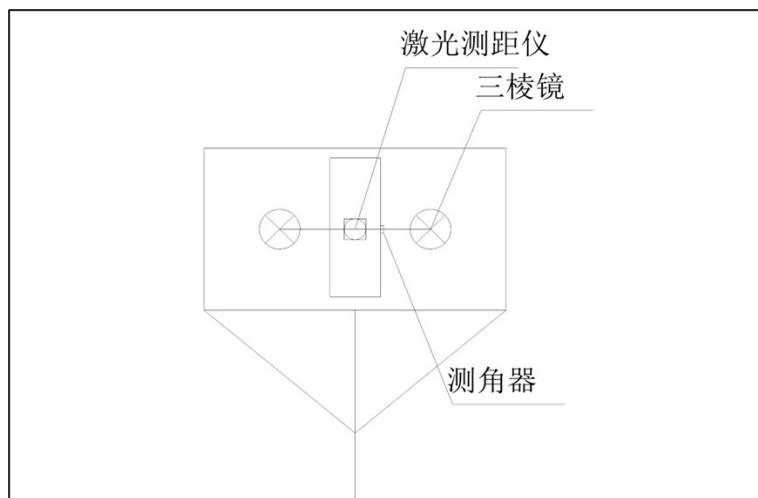
角，再利用中继棱镜观测设备与目标点位的距离和竖直角推算出目标点位坐标及高程，具体仪器布置如图 1 所示。

### 3. 避障测量中继棱镜设备

#### 3.1. 棱镜设计

对于本文讨论的避障测量手法采用的新型中继棱镜观测设备，主要由两颗三棱镜、一台激光测距仪、一台测角器及内置蓝牙组成。测角器及激光测距仪设置在装置中心，且通过螺栓使测距仪可上下转动，水平方向锁死。两侧各安置一个三棱镜，要求两侧棱镜处于同一高度并且两侧棱镜到设备中心点距离相等；仪器内置蓝牙，可将激光测距仪水平偏转角及测距仪测距成果传输到接收设备(如手机 app、全站仪操作面或手簿等)中以待后续计算；中继棱镜设备连接口与常规棱镜相同，可直接布置在棱镜基座或对中杆上。

设备设计大样图如图 2 所示。



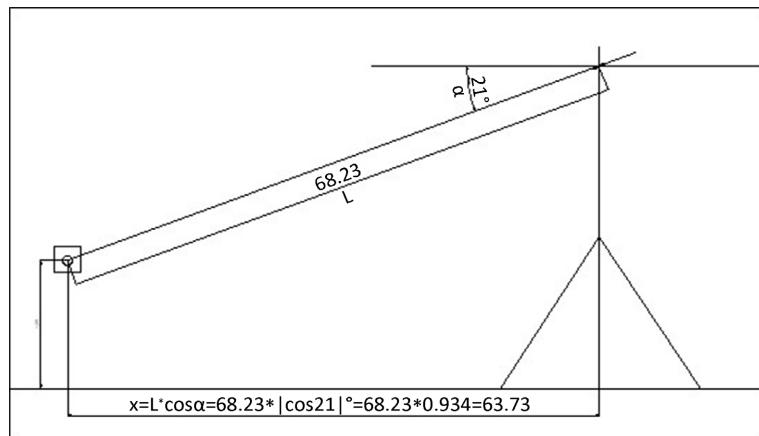
**Figure 2.** Schematic diagram of the relay prism observation device  
**图 2.** 中继棱镜观测设备示意图

#### 3.2. 测量方法及原理

由于测距仪水平方向锁死，无法旋转，故测距仪测距方向与中继棱镜观测设备始终保持垂直，测量时将中继棱镜观测设备架设在可同时通视仪器及待观测目标点的位置后，需调整中继棱镜观测设备方向直至中继棱镜观测设备测距仪激光对准待观测目标棱镜中心，同时保证全站仪可同时观测中继棱镜观测设备上的两颗棱镜，随后读取记录测距仪读数  $L$  及测角器测得竖直方向偏转角读数  $\alpha$ ，如图 3 所示。

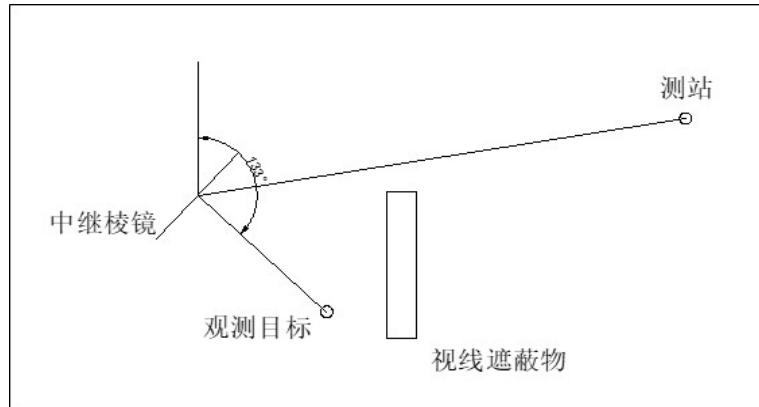
利用全站仪对中继棱镜观测设备的两个棱镜进行观测，测出两点坐标后即可在设备中确定棱镜平面位置，由于中继棱镜观测设备上布置的两颗棱镜位于同一水平线上且距设备中心距离相等，故测出两点坐标后即可在设备中确定棱镜的平面偏转角及中继棱镜观测设备坐标( $X_2, Y_2$ )。且由于测距仪不可脱离中继棱镜观测设备水平转动，故测距方向与测距设备夹角恒定为  $90^\circ$ ，由此可以确定中继棱镜观测设备与待测目标间的坐标方位角为  $\beta$ ，如图 4 所示。

整理此时已收集得到的数据包括：测站坐标( $X_1, Y_1$ )，测站高程  $H_1$ ，中继棱镜观测设备坐标( $X_2, Y_2$ )，中继棱镜观测设备高程  $H_2$ ，中继棱镜观测设备仪器高  $h_2$ ，中继棱镜观测设备与测站方向坐标方位角  $\beta$ ，中继棱镜观测设备与目标直线距离  $L$ ，中级棱镜观测设备测距竖直偏角  $\alpha$ ，待测目标点位棱镜高  $h_3$ 。随后即可带入公式，通过坐标正算[3]计算待测目标点点位坐标( $X_3, Y_3$ )及高程  $H_3$ 。



**Figure 3.** Schematic diagram of the working of the relay prism observation equipment (1)

**图 3.** 中继棱镜观测设备工作示意图(1)



**Figure 4.** Schematic diagram of relay prism observation equipment (2)

**图 4.** 中继棱镜观测设备工作示意图(2)

首先将中继设备与目标直线距离  $L$  带入公式，计算中继棱镜观测设备与目标点水平距离  $L_1$

$$L_1 = L \cdot \cos \alpha$$

后将所有数据带入坐标正算即可求得待测目标点点位东坐标  $X_3$

$$X_3 = X_2 + L_1 \cdot \cos \beta$$

待测目标点点位北坐标  $Y_3$

$$Y_3 = Y_2 + L_1 \cdot \sin \beta$$

待测目标点点位高程  $H_3$

$$H_3 = h_2 - h_1 + H_1$$

整体操作流程可总结为：

架设中继棱镜观测设备→通过全站仪观测确定中继棱镜观测设备位置坐标及方位角→通过中继棱镜观测设备观测得到与待测目标距离及竖直角→数据收集与处理→得出成果。

#### 4. 研究结论

经理论探究和实验操作后发现，在小范围施工情况(最大距离 20 m 左右)情况下，此测量方法测量误

差小于 2 mm，中远距离情况下由于短边控制长边，误差较大，仍需进一步完善。暂时仅可投入短距离测量工作中使用，优势如下：

- 1) 在测量工作中投入使用该设备及方法后可避免部分目标点位无法观测的情况，对测量工作进展起到促进作用；
- 2) 该方法可避免在测量工作中由于部分点位不通视导致的频繁搬站，可以节省大量时间成本；
- 3) 由于减少了搬站次数，该方法同样可以减少由于频繁搬站产生的测量误差；
- 4) 对比 RTK 测量，该测量方式稳定性更强，同时可以避免由于信号问题产生的误差；
- 5) 中继棱镜观测设备结构较为简单，成本较低；
- 6) 中继棱镜观测设备结构架设操作简单，对人员操作要求较低，可以节省一定的人员成本。

## 5. 结语

在绝大多数测量工作中，场地限制始终是对测量工作开展的主要干扰，其中对于全站仪测量工作来说，场地限制更为明显，通视条件差的工作环境下往往需要投入大量时间和人员成本来达到对全部目标点位的测量工作，切实有效的避障测量手段对测量工作的有效开展是绝对必要的。虽然随着测量技术的发展，实时定位技术对在复杂环境下的应用更为广泛[4]，但由于通视条件差的场地通常也不利于 GPS 信号的传播，所以全站仪在测量工作中的应用目前仍是无法替代的，因此有必要探索研究一种可以节约全站仪测量时间、人员成本的测量手段，本文中讨论的方法在节省了测量工作成本的同时也为传统测量工作提供了一种新的思路。

## 参考文献

- [1] 宋子东. 基于全站仪坐标传递测量应用及误差分析研究[J]. 福建建材, 2021, 9(10): 12-14, 59.
- [2] 李妮. 全站仪导线测量操作方法探讨[C]//新疆维吾尔自治区计量测试研究院. 2021 新疆标准化论文集, 2021: 3.
- [3] 肖江华. 椭球参数对高斯投影坐标正算的影响研究[C]//中国测绘学会科技信息网分会. 全国测绘科技信息网中南分网地三十次学术信息交流会论文集. 2016: 4.
- [4] 孙靖杰, 赵昱. RTK 测量对传统大地测绘方法的影响及精度分析[J]. 中国集体经济, 2020(33): 158-159.