

# Analysis of Angle Measurement Error in Special Mine Environment

Jindong Li<sup>1</sup>, Meng Chen<sup>1</sup>, Xiaoqian Wu<sup>1</sup>, Chengzhi Sun<sup>2</sup>, Minghe Wang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Shandong University of Science and Technology, Qingdao Shandong

<sup>2</sup>Junan County Land and Resources Bureau of Linyi City, Linyi Shandong

Email: 1510591240@qq.com

Received: Nov. 22<sup>nd</sup>, 2018; accepted: Nov. 30<sup>th</sup>, 2018; published: Dec. 7<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

The difference of the surrounding environment of the special position of roadway will bring great error to the Angle measurement in the underground survey. This paper focuses on the analysis of the sources of angle measurement error, combined with an example of underground traverse survey in a mine, detects the angle with larger error, analyses the influence of environment, and adds gyroscope edge to correct the angle measurement error.

## Keywords

Downhole Measurement, Environmental Differences, Angle Measuring Error, Gyro Edge

---

# 矿井特殊环境下角度测量误差分析

李晋东<sup>1</sup>, 陈 梦<sup>1</sup>, 吴晓倩<sup>1</sup>, 孙成志<sup>2</sup>, 王鸣鹤<sup>1</sup>

<sup>1</sup>山东科技大学, 山东 青岛

<sup>2</sup>临沂市莒南县国土资源局, 山东 临沂

Email: 1510591240@qq.com

收稿日期: 2018年11月22日; 录用日期: 2018年11月30日; 发布日期: 2018年12月7日

---

## 摘 要

在矿井井下测量工作中, 巷道特殊位置外界环境的差异, 会给角度测量带来较大误差。本文重点分析了测角误差来源, 并结合某矿井井下导线测量的实例, 检测出具有较大误差的角度, 分析环境对其影响, 并加测陀螺边对测角误差进行修正。

## 关键词

井下导线测量, 环境差异, 测角误差, 陀螺边

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

为满足矿井井下基础建设和开采掘进的需要, 井下布设具有较高精度的控制点对测量工作的顺利、安全开展具有重要意义。井下导线测量是获得井下控制点坐标的一种常用方法, 为提高导线测量精度, 需充分考虑测量过程中测距误差与测角误差带来影响[1]。随着科技水平的提高和高精度测量仪器的出现, 使得仪器对测量结果的影响变得十分微小[2]。外界环境对测距误差的影响, 大量学者在这个方向进行了研究, 并提出了具体的定量公式对测距误差进行改正[3]。测角误差的来源较为复杂, 主要有测量误差、仪器误差、外界环境影响等, 特别是外界环境对其的影响, 呈现随机性, 难以定量描述。井下导线通常也比较长, 为了控制测量误差在允许范围之内, 保证测距不能过长的同时, 增加了测角个数, 于是对井下导线测角误差的分析具有十分重要的意义。本文重点研究井下特殊环境对测角的影响, 采取方法检测具有较大测量误差的角度, 并对其测量值进行修正, 以提高导线测量的精度。

## 2. 环境对角度测量的影响

在井下导线测量过程中, 由于巷道环境的复杂性, 极大地增加了测量的难度, 同时也带来了较大的测量误差。测角误差的来源主要是以下几个方面:

### 1) 温度对测角误差的影响

全站仪的正常工作具有一定的温度范围, 标准温度为 20 摄氏度, 当温度过高或者过低时, 都会通过影响全站仪的内部结构, 从而影响全站仪的测量精度[4]。由于外界温度的影响, 全站仪竖轴误差会增大, 从而带来较大的水平角的误差测量, 在补偿器对这种误差进行改正时, 由于温度不一致会导致补偿器内液体发生热胀冷缩, 从而产生补偿误差, 尤其在使用同一台仪器在前后两个温差很大的点进行测量时, 这种误差对测量结果的影响更加显著[5] [6] [7] [8]。

### 2) 空气透明度对测角误差的影响

全站仪的测量原理是通过全站仪发射一条光束到达棱镜, 然后再反射到全站仪, 由此测量出两点之间的距离和角度。在井下巷道中进行测量时, 由于受到井下工作环境的影响, 空气中的矿尘密度较大, 加上通风条件不完善, 温度较高, 使得空气中的水蒸气凝结成小水珠, 这些因素影响了导线测量时周边环境的空气透明度。空气透明度不够影响光束的传播, 这种影响使得仪器在对棱镜进行照准时产生误差, 从而增大测角误差[9]。

### 3) 大气折光对测角误差的影响

井下巷道受到巷道作用功能的影响, 每条巷道的光照强度有所不同, 在靠近工作面的巷道中光照强度高, 远离工作面的巷道光照弱。在两条功能不同的巷道间进行导线测量时, 由于两条巷道光照强度不同, 在巷道连接处进行测量时由于光照强度的变化, 所测量的角度误差会比正常情况下的误差大。当前后视的光照强度比较均匀时, 由大气折光所产生的误差较小, 可以忽略不计[10]。

### 3. 实例分析

以某矿井的贯通测量工程为例,井下施测按导线测量方式进行,其示意图如图1所示。XY1-XY5为轨道大巷控制点,TF2-TF6为通风大巷控制点,TF1为巷道连接点。为确定导线的方位,对XY1-XY2、XY5-TF1和TF5-TF6三条边进行陀螺定向,测得其方位角。由于具体因素限制,通风大巷长期处于封闭状态,内部环境稳定,但其环境条件与轨道大巷具有较大差异,如表1所示。为了加快测量速度,通风大巷刚打开、未等两巷道环境相适应就开展了测量工作,测量了导线的各转折角。对整条导线分段按方向附合导线进行闭合差计算,结果见表2。

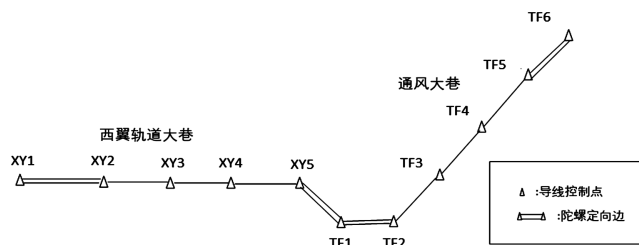


Figure 1. Schematic diagram of underground traverse  
图1. 井下导线示意图

Table 1. Comparison of external environment of roadway

表1. 巷道外界环境对比

位置	温度(度)	压强(千帕)	湿度
轨道大巷	24.5	103.7	25%
通风大巷	33.7	105.3	40%

Table 2. Calculation results of traverse closure error (units: ")

表2. 导线闭合差计算结果(单位: ")

附合导线	全长闭合差	转折角个数	限差
XY1-TF1	25	4	28
XY5-TF6	56	5	31
XY1-TF6	81	9	42

注: 井下导线按7"导线进行布设, 闭合差限差计算公式:  $\epsilon = 14\sqrt{n}$ ,  $\epsilon$ 为闭合差限差,  $n$ 为测站数。

由表2可知, 附合导线XY1-TF1段满足限差要求, XY5-TF6段超限, 整体XY1-TF6段闭合差也不满足测量要求。可以排除附合导线XY1-TF1段测角误差影响, 应重点分析XY5-TF6段测角精度, 可以推断具有较大误差的测角应来源于此测段。

为检测XY5-TF6段测角误差, 待间隔上一次测量一段时间后, 另加测陀螺边TF1-TF2, 并重新测得两巷道环境对比如表3。结合表1, 可以看出此次测量轨道大巷和通风大巷环境已相适应, 具有相同的环

Table 3. The outside environment of the roadway is compared again

表3. 巷道外界环境重新对比

位置	温度(°)	压强(kpa)	湿度
轨道大巷	24.2	101.5	25%
通风大巷	24.5	101.3	25%

**Table 4.** Recalculation of traverse closure error (units: ")**表 4.** 导线闭合差重新计算结果(单位: ")

闭合导线	导线全长闭合差	转折角个数	限差
XY1-TF2	57	5	31
TF1-TF6	23	4	28

由表 5 可以看出, TF1-TF6 测段满足限差要求, 测段上各转折角应具有较小的测角误差; 此次 XY1-TF2 测段超限, 而由表 2 可知, XY1-TF1 测段不存在具有较大测量误差的转折角。综合分析, 处于特殊位置的巷道连接角  $\angle XY5-TF1-TF2$ , 应具有较大测量误差, 测角误差主要来源于外界环境。

**Table 5.** Contrast of roadway connection angle**表 5.** 巷道连接角对比

次数	测量值(" ' ")	真值(" ' ")	差值"
第一次	119 33 01	119 32 35	26
第二次	119 32 37	119 32 35	2

为验证此结论, 重新在 TF1 上架站, 测得转折角, 利用陀螺边 XY5-TF1、TF1-TF2 可以反算测角真值, 并对比第一次测量角度值, 如表 5 所示。

由上表可以看出: 第一次测量具有较大的误差, 主要受到两巷道环境较大差异的影响。待到环境因素一致时, 第二次测量结果十分接近于真值, 测角结果具有较高的精度。综上可得, 环境因素对于角度测量的影响不容忽视, 进行角度测量应在稳定、适宜的外界环境进行。

#### 4. 结束语

本文重点研究了井下外界环境对角度测量的影响, 做出定性分析, 并检测出特殊位置具有较大测量误差的角度, 利用陀螺边进行检核。井下环境较为复杂, 不同位置环境差异较大时, 对角度测量的影响也会增大, 需重点考虑测角误差对测量结果的影响。针对井下导线测量, 提出以下几点建议:

- 1) 在进行导线测量时, 尽量保证导线布设在同一外界环境中, 保证仪器在适宜的环境条件中工作;
- 2) 通过加测陀螺边, 可以检测出具有较大误差的角度, 并减小测角误差的累积;
- 3) 在两个不同外界环境的连接处进行测量时, 为了减小测量误差, 需重新调制仪器, 并待环境稳定后重新测量, 以便检核。

#### 参考文献

- [1] 郑文华. 地下工程测量[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2007.
- [2] 戴立佳. 全站仪在井下导线测量中的应用及精度分析[J]. 能源与节能, 2017(1): 136-137.
- [3] 姚辉, 陈凤颖. 全站仪气象改正公式及气象元素测量精度对距离的影响[J]. 测绘通报, 2008(4): 14-16.
- [4] 吴永义. 论地下导线测角误差分析[J]. 金属矿山, 1979(4): 27-30.
- [5] 于书奎. 试论全站仪的补偿与补偿器[J]. 测绘通报, 2003(2): 63-65.
- [6] 常国锋, 柴均刚, 黄俊. 河东金矿井下导线测角误差与精度分析[J]. 有色金属, 2009, 61(4): 19-21.
- [7] 陈栓柱. 全站仪在井下导线测量中的应用及其精度分析[J]. 煤, 2011, 20(8): 102-103.
- [8] 张高兴, 陈敦云, 杨增金. 矿山井下全站仪导线测量方法的种类及其应用[J]. 矿业工程, 2012, 10(3): 45-47.
- [9] 王玉振, 王郑春, 张琳. 全站仪高程测量中减弱折光影响的数学模型[J]. 黑龙江水专学报, 2010, 37(1): 37-39.
- [10] 张正禄, 邓勇, 罗长林, 等. 大气折光对水平角测量影响及对策研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2006(6): 496-499.