

# Underground Footage Measurement Plan and Accuracy Safeguards

Minghe Wang, Xiaoqian Wu, Qibin Zhang

College of Geomatics, Shandong University of Science and Technology, Qingdao Shandong  
Email: 1246562871@qq.com

Received: Sep. 22<sup>nd</sup>, 2018; accepted: Oct. 10<sup>th</sup>, 2018; published: Oct. 17<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

To better solve the questions of no enough measurement space, poor observation conditions, unable to determine the direction of the footage, long traverse survey error and leveling surveying error in large-scale footage, this paper takes an example of the breakthrough survey, which based on the footage measurement plans, and takes the method and safeguard measures to improve the accuracy of the penetration measurement and it meets accuracy requirements of engineering.

## Keywords

Breakthrough Survey, Footage Measurement, Downhole Gyro Orientation, Error Estimation, Safety Precautions

---

# 井下巷道测量方案与精度保障措施

王鸣鹤, 吴晓倩, 张启斌

山东科技大学, 测绘科学与工程学院, 山东 青岛  
Email: 1246562871@qq.com

收稿日期: 2018年9月22日; 录用日期: 2018年10月10日; 发布日期: 2018年10月17日

---

## 摘 要

为了更好地解决井下测量空间小、观测条件差、无法判定巷道方向、大型井下长导线测量与水准测量误差大等问题, 本文以某煤矿的井下贯通测量为例, 在给出巷道贯通测量方案的基础上, 提出了提高贯通测量精度的方法与保障措施, 确保贯通点精度达到了工程精度要求。

## 关键词

贯通测量, 巷道测量, 井下陀螺定向, 误差预计, 保障措施

Copyright © 2018 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

井下巷道测量是矿井生产中的重要工作, 其测量精度是巷道贯通的重要指标。生产实际和文献中对长巷道的贯通测量都有所研究, 一些文献中从测量方法、误差预计方法等方面对贯通测量的误差问题进行了讨论和改进[1] [2] [3] [4] [5]。但在井下导线较长、观测环境较差、地面崎岖不平、巷道支导线测量复杂等条件下, 精度保障措施需进行进一步改进[6] [7] [8] [9] [10]。针对类似复杂条件的情况, 本文在研究方法、精度保障措施等方面开展探讨[11] [12] [13]。

## 2. 工程概况

某煤矿为扩大生产能力, 满足生产需要, 提高矿井通风能力, 需要新建风井, 并进行精确贯通。工程拟定的井下贯通测量路线从副井开始经副井北门绕道、西翼猴车通道、-750 下部车场及-750 正石门、最后到-750 西翼轨道大巷, 导线全长约 7 公里。

## 3. 贯通方案设计

### 3.1. 地面 GPS 控制网

按照要求进行副井(深 400 m)与风井(深 650 m)间的测量, 需要在两井间建立 GPS 控制网进行测量, 控制网测量平面坐标采用 1954 北京坐标系, 高斯 - 克吕格正形投影统一 3°分带, 中央子午线为东经 117°。平高点布设时应满足如下要求:

- 1) 根据实际情况布设 6~8 个 D 级 GPS 控制点;
- 2) GPS 网的点与点间尽管不要求通视, 但考虑到矿区的常规测量应用的需要, 网选点时每点应有一个通视方向;
- 3) 鉴于边连式布网具有较多的非同步网型闭合条件, 较好的几何强度、可靠性和实施方便等特点, 网型布设采用边连式;
- 4) 利用二等水准点作为起算点, 在风井附近稳定处布设 3 个水准基点, 联测落地 GPS 点;
- 5) 利用副井附近的已有水准点, 布设 3 个水准基点; 连测作为陀螺定向的地面已知点, 以上各点形成结点。

地面控制网网型如图 1 所示。

### 3.2. 联系测量

副井和风井的联系测量、平面联系测量采用陀螺定向方法, 即钢丝投点和陀螺定向; 导入高程测量, 采用长钢尺法。主要措施如下:

- 1) 拟采用单重摆动投点, 独立进行两次;

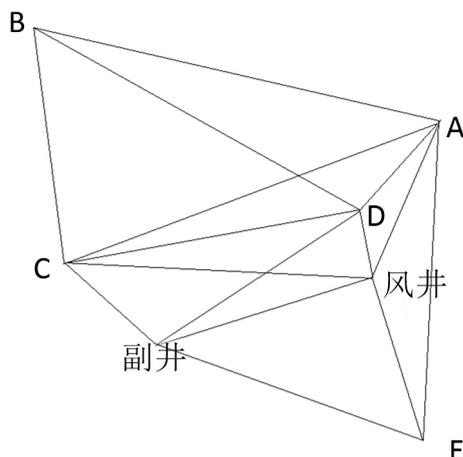


Figure 1. Ground GPS control network solution

图 1. 地面 GPS 控制网方案

2) 井上、下导线测边用钢尺丈量, 从不同起点丈量 6 次, 同一边的观测互差不得大于 3 mm, 用专用小棱镜测距进行检核;

3) 井上、下导线测角用 2 s 全站仪四测回测量;

4) 导入高程至少应进行三次。

投点及导入高程示意图如图 2 所示。

### 3.3. 井下导线测量

井下高程测量包括水准测量和三角高程测量: 水准测量在水平巷道中布设, 按四等水准测量要求进行; 三角高程测量在暗斜井和斜巷中布设, 如轨道暗斜井。从井底车场水准起算点开始, 沿井底车场和主要巷道逐渐向前敷设, 每 300~500 m 设置一组水准点, 每组至少三个点组成, 永久导线点作为水准点使用。

井下导线由副井至风井, 导线由-300 水平始至-750 水平, 路线复杂且长度较大、地面崎岖、环境温度较高、照明条件较差。在这种复杂的观测环境下, 井下导线点选择位置时应满足以下要求:

- 1) 相邻点间应通视良好, 尽可能点间距大, 在巷道的连接处和交叉口处, 应当埋设导线点;
- 2) 选点位置应避免运输干扰, 将点设在远离运输轨道的一侧;
- 3) 应选在巷道稳定、安全、便于安置仪器, 便于观测, 避开淋水、片帮落石和其它不安全因素;
- 4) 点间边长要求不能相差 3 倍以上。

井下导线测量导线示意图如图 3 所示, 其中图中重叠线为加测陀螺边的导线边。

## 4. 保障措施

### 4.1. 陀螺定向

由于井下导线测量为支导线, 为了保证测角精度, 需加测几组井下导线边作为陀螺边, 以获得方向附和导线, 提高坐标方位角的精度。根据理论和实践经验, 确定加测陀螺加强边 3 条, 确定了加测陀螺加强边位置的几点要求:

- 1) 在平直巷道中, 每大约 2000 m 加测一条陀螺加强边;
- 2) 在倾角小于或等于 20° 的斜巷中, 每大约 1500 m 加测一条陀螺加强边;
- 3) 短边巷道或倾角较大的巷道中, 每大约 1200 m 加测一条陀螺加强边;

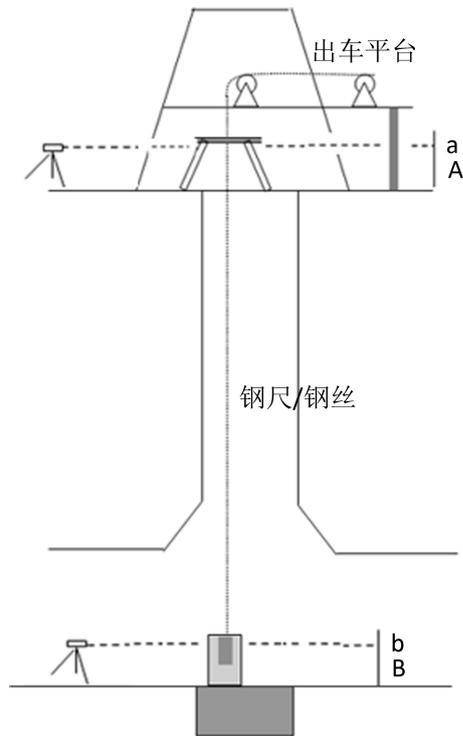


Figure 2. Point/import elevation measurement diagram

图 2. 投点/导入高程测量示意图

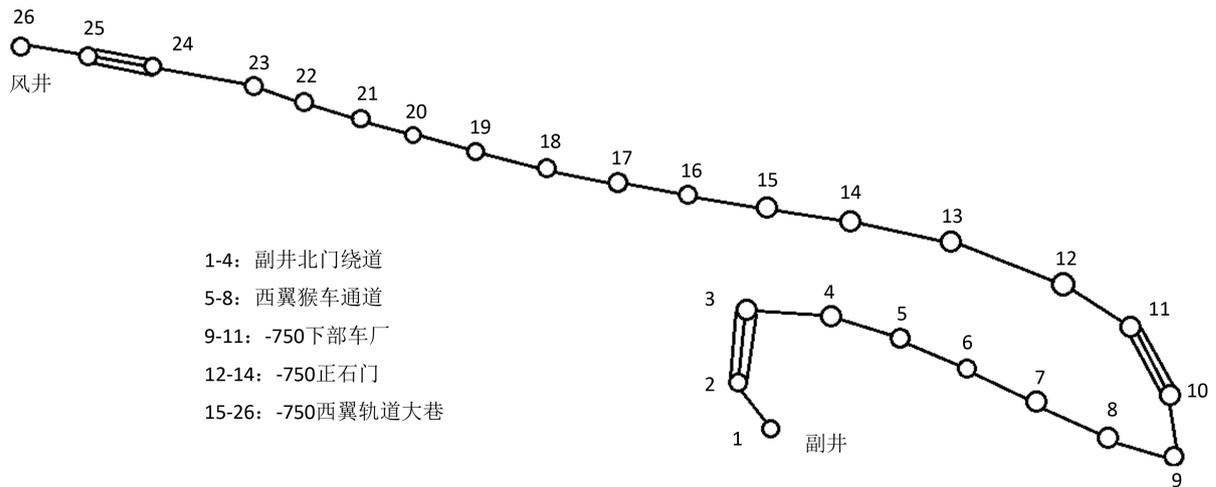


Figure 3. Downhole wire schematic

图 3. 井下导线示意图

4) 巷道贯通关键位置、转弯处、误差积累较大处加测一条陀螺加强边。

工程加测的井下导线边有 2-3、10-11 和 23-24。为方便检核，在地面已知边一共测定仪器常数 3 次，共 9 测回；加测坚强边的导线边独立观测 2 次，每次 3 测回。

#### 4.2. 导线边长归化改正

井下测量的导线边需加入归化到海平面及归化到高斯投影面两项改正数。其中导线边长归化到海平

面的改正按公式(1)计算:

$$\Delta_{LM} = -0.000157HI \tag{1}$$

式中:  $H$  及  $l$  均以米为单位。当  $H$  为正时,  $\Delta_{LM}$  为负; 反之为正。

导线边长归化到高斯投影面的改正按公式(2)计算:

$$\Delta_{LG} = \frac{y_m^2}{2R^2}l \tag{2}$$

式中:  $y_m$  为导线边的平均横坐标, 即导线边中点到投影带中央子午线的距离, 单位为 km;  $R$  为地球的平均半径, 其值为 6371 km。

### 4.3. 贯通误差预计(表 1)

贯通误差预计见表 1。

### 4.4. 其他精度保障措施

#### 4.4.1. 减小投点误差的主要措施

- 1) 在定向过程中, 考虑停风或增设风门等措施, 以减小风速;
- 2) 减小垂线受风流影响的长度, 在马头门处的垂线上套防风套筒, 以隔绝风流直接冲击垂球;
- 3) 采取小直径高强度的钢丝, 适当加重重砣的重量;
- 4) 适当采取挡水措施, 如设挡水板及在稳定液桶上加锥形挡水盖。

#### 4.4.2. 导线短边测量措施

- 1) 尽量采用高精度仪器进行测量作业;
- 2) 考虑有效的挡风、挡水、关闭风门等措施, 减少风、水流的影响;
- 3) 采用光学对中、重锤、多次对中, 减少对中误差影响;
- 4) 短边采用“三联脚架法”的“三架法”或“四架法”, 提高作业效率, 减少对中误差影响;
- 5) 短边巷道两侧加测陀螺加强边, 减少误差积累, 提高测量精度。

#### 4.4.3. 误差预计结果

根据《煤矿测量规程》规定两井间贯通水平方向限差为 $\pm 0.2$  m, 高程方向限差为 $\pm 0.2$  m。贯通点误差预计在水平方向上的误差为 $\pm 0.149$  m, 在高程方向误差为 $\pm 0.122$  m, 符合规程限差。

Table 1. Through error prediction table

表 1. 贯通误差预计表

项目	地面 GPS	陀螺定向	导线测角	导线测边
平面	$M_{S103104}^2 \cos^2 \alpha'_{103104}$	$\frac{m_{\text{边}}^2}{\rho^2} \left( (y_k - y_{01})^2 + \sum_{i=1}^4 (y_{0i} - y_{0i+1})^2 + (y_{05} - y_k)^2 \right)$	$\frac{m_{\text{角}}^2}{\rho^2} R_y^2$	$\frac{1}{2} \sum ml^2 \cos^2 \alpha$
	$8.56 \times 10^{-4} \text{ m}^2$	$1.24 \times 10^{-3} \text{ m}^2$	$1.67 \times 10^{-3} \text{ m}$	$1.77 \times 10^{-3} \text{ m}$
高程	地面水准	导入高程	井下水准	三角测量
	$\pm m_{\text{公里}} \sqrt{L}$	$\frac{h_{\text{测}}}{2\sqrt{2} \times 8000}$	$m_{\text{公里}} \sqrt{L}$	$m_{\text{公里}} \sqrt{L}$
	0.0346 m	0.0177m	0.0307 m	0.0215 m
预计结果	平面误差	$\pm 0.149 \text{ m}$	高程误差	$\pm 0.122 \text{ m}$

## 5. 结论

井下巷道测量方案设计考虑了井下导线测量导线边较长、观测条件差、支导线测量等特点,提出了加测陀螺坚强边、加入两项平距改正等精度保障措施,有效地避免了因支导线长度过长而引起的测角、测边累计误差。经误差预计,该设计方案符合相关工程施工要求,可以用于实施。

## 参考文献

- [1] 吴艳波. 试析贯通测量及其注意事项[J]. 能源与节能, 2018, 23(1): 129-130.
- [2] 高国宏, 姚建海. 井下陀螺定向的重要性及其精度分析[J]. 山西科技, 2007, 33(6): 102-103 + 115.
- [3] 张立志. 贯通测量方案的选择与误差预计[J]. 煤炭技术, 2008, 37(7): 140-141.
- [4] 孙金礼, 陈杰. 煤矿井下巷道贯通测量精度分析及技术方法[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(6): 112-114 + 66.
- [5] 李兴国. 大型矿井巷道贯通测量方法与误差分析[J]. 煤炭科学技术, 2012, 40(7): 93-95.
- [6] 李江. 煤矿大型贯通测量方案设计与实施[J]. 中州煤炭, 2015, 40(2): 116-118 + 121.
- [7] 孔素丽. 黄玉川煤矿特大型贯通测量实践与分析[J]. 煤炭科学技术, 2015, 43(8): 149-152 + 66.
- [8] 钟来星, 赵泽昆, 霍兴伟, 等. 解析法在地下巷(隧)道贯通测量水平重要方向误差预计中的应用[J]. 矿山测量, 2015, 46(4): 1-3 + 6.
- [9] 王洪杰, 王家胜. 陀螺经纬仪定向在矿井贯通联系测量中的实际应用[J]. 北京测绘, 2015, 32(3): 136-138 + 146.
- [10] 张鹏飞, 徐洋林. 矿井贯通工程方案设计及误差预计[J]. 北京测绘, 2017, 32(1): 74-77.
- [11] 赵方正, 邓昊文. 井下贯通测量及误差预计[J]. 测绘与空间地理信息, 2018, 41(3): 192-195.
- [12] 曹蓓. 新桥煤矿南风井精确贯通应用技术分析[J]. 能源与环保, 2018, 37(5): 111-116.
- [13] 马海鹏. 矿山隧道贯通测量误差估算方法探析[J]. 世界有色金属, 2018, 33(6): 286-288.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-549X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>  
期刊邮箱: [gst@hanspub.org](mailto:gst@hanspub.org)