

## 地质与测量

# 大型矿井巷道贯通测量方法与误差分析

李 兴 国

(河南大有能源股份有限公司, 河南 义马 472300)

**摘要:**为了提高贯通测量的准确性和可靠性, 必须编制合理的测量方案, 采取有效的测量方法。结合工程实例, 分析了地面控制网、井下导线测量、立井定向和加测陀螺定向边对贯通巷道精度的影响; 讨论了提高测量精度的可行性方法。通过对贯通测量误差预计分析, 在贯通点上, 两中线间预计极限误差为 $\pm 304$  mm, 两腰线间预计极限误差为 $\pm 184$  mm, 满足《煤矿测量规程》及施工要求, 检验了所选测量方案和方法的合理性。

**关键词:**陀螺定向; 方向附和导线; 立井定向; 贯通测量; 误差分析

中图分类号: TD172.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2012)07-0093-03

## Through Survey Method and Error Analysis of Mine Roadway in Large Mine

LI Xing-guo

(Henan Dayou Energy Company Ltd., Yima 472300, China)

**Abstract:** In order to improve the accuracy and reliability of the through survey for a mine roadway, a rational survey plan should be prepared and an effective survey method should be conducted. In combination with the project cases, the paper analyzed the surface ground control network, underground traverse survey, mine shaft orientation and gyro orientation edge survey influenced to the through accuracy of the mine roadway. The paper discussed the feasibility method to improve the measuring accuracy. With the prediction and analysis on the error of the through survey, the predicted ultra error between the two central lines in the through point was  $\pm 304$  mm and the predicted ultra error of the two grade lines was  $\pm 184$  mm, which could meet the *Mine Survey Regulations* and construction requirements and could verify the rationality of the selected survey plan and method.

**Key words:** gyro orientation; directional annexed traverse; mine shaft orientation; through survey; error analysis

巷道贯通测量是煤矿一项非常重要的测量工作, 贯通测量的任务就是保证巷道在贯通点或相遇点上, 其测量误差不超过一定的数值, 能够满足《煤矿测量规程》和巷道施工的需要。任何测量工作都不可避免地带有误差, 所以每次贯通工程测量前必须做贯通误差预计, 从而制定合理的测量方案, 保证井巷工程顺利贯通。为满足现代化矿井生产的需要, 在生产实践中, 结合陀螺定向、立井定向、立井高程传递等测量方法, 总结了大型贯通测量误差分析理论; 采用数理统计原理, 评定特定仪器的测量精度, 应用到全面的贯通测量误差分析中, 选择合适的测量方案, 提高贯通测量效率, 节约测量时间, 提高测量精度。笔者结合工程实际阐

述了井巷贯通测量方法及误差分析理论。

### 1 工程概况

2009年, 义马煤业集团常村煤矿副井与南风井贯通测量工程, 其中副井为原有斜井, 风井为新开挖立井, 井深800 m, 计划从南风井和副井东大巷同时施工, 进行相向贯通。两井口间直线距离3 960 m, 井下导线长5 776 m; 井下沿巷布设44个导线点; 导线平均边长131.27 m, 贯通路线如图1所示。该工程属于井下导线超过3 000 m的大型贯通工程, 其设计要求如下: 贯通相遇点在水平方向上的允许偏差不超过500 mm, 在高程方向上偏差不超过200 mm<sup>[1]</sup>, 为了保障井巷工程顺利贯

收稿日期: 2012-02-18; 责任编辑: 曾康生

作者简介: 李兴国(1977—), 男, 河南汝州人, 工程师。Tel: 13839857098, E-mail: lxx70416@163.com

网络出版时间: 2012-07-12 10:59:55; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20120712.1059.026.html>

引用格式: 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.

通，在井下导线上加测4条陀螺边以提高井下控制导线精度，其中，南风井井下陀螺定向边为 $N_1N_2$ ，副井井下定向边有 $F_5F_6$ 、 $F_{12}F_{13}$ 、 $F_{20}F_{21}$ 。

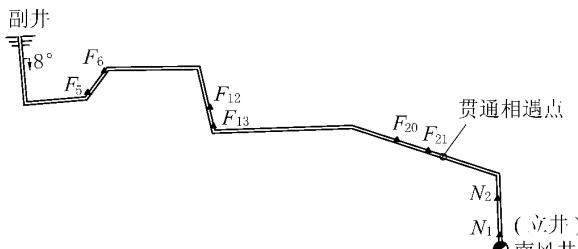


图1 贯通路线示意

## 2 贯通工程平面测量方案及误差分析

此次贯通工程采用地面GPS定位、单井定向、陀螺附和导线测量等技术手段，确保贯通工程的顺利进行<sup>[2]</sup>。为计算方便，假定以南风井井筒中心为坐标原点，贯通巷道中线方向为Y轴，水平面内垂直于贯通方向为X轴。贯通重要方向上的偏差即X轴上的偏差为 $M_x$ ，其中M代表贯通点的测量误差，主要由地面控制测量误差、井下导线测量误差、竖井投点及定向误差引起。

### 2.1 地面控制测量及误差分析

地面控制测量，采用卫星定位技术布设四等GPS控制网，经实测分析，本次GPS测量平差后最弱边中误差为1/75 000，满足约束最弱边相对中误差小于1/40 000的规范要求<sup>[3]</sup>。地面2井近井点在X轴、Y轴上相对点位误差 $M_{XD} = \pm 49.5$  mm、 $M_{YD} = \pm 69.2$  mm，满足地面近井点在贯通重要方向上相对误差不大于±80 mm的规定，符合大型贯通测量精度要求。其中， $M_{XD}$ 、 $M_{YD}$ 为地面2井近井点相对贯通相遇点在X轴和Y轴上的误差。

### 2.2 井下导线测量方案及误差分析

通过大量的实践证明，陀螺附和导线测量可满足井下7"导线精度要求<sup>[3]</sup>，井下陀螺边直接可以作为导线方位起算边，不再需要通过复测支导线来满足测量精度要求。相对于2次独立观测支导线方法而言，陀螺附和导线测量精度更高，而且可减少将近一半工作量<sup>[4]</sup>。

井下导线及陀螺定向相对贯通相遇点误差预计：导线测角中误差±7"；近年来各矿统计评定得到陀螺定向方位中误差±10"。

根据方位附和导线误差理论公式计算，应用电子表格功能编制计算程序，将设计线路导线点坐标

输入电子表格即可快速计算出井下方位附和导线测量相对贯通相遇点的测量误差。经计算得 $M_{XJ} = \pm 143$  mm， $M_{YJ} = \pm 173$  mm，其中： $M_{XJ}$ 、 $M_{YJ}$ 分别为井下方位附和导线测量相对贯通相遇点在X轴和Y轴上的误差。

### 2.3 竖井投点及定向误差分析

南风井投点采用单重稳定投点，即按照稳定投点要求稳定重锤，按照钢丝摆动测量方法测定钢丝位置；采取必要的挡风、挡水及重锤稳定措施，实际考虑到风力、雨水等影响，800 m井深投点误差最大可达到20 mm<sup>[5-6]</sup>。

地面近井点布设要求，距井筒中心10~30 m为宜，后视点距近井点距离不小于100 m。按照地面一级导线精度施测井筒钢丝投放位置坐标。

井下控制点布设，至投放的钢丝距离3~10 m为宜，坐标传递测量按照井下7"导线要求测量。

坐标传递误差包括：投点误差，井上近井点传递到钢丝误差，钢丝传递到井下控制点误差，经计算得出，坐标从地面近井点至井下控制点传递误差为 $M_{XC} = \pm 16$  mm， $M_{YC} = \pm 16$  mm，其中： $M_{XC}$ 、 $M_{YC}$ 分别为井上下联系测量相对贯通相遇点在X轴和Y轴上的误差。此次贯通为相向同时施工，故具体施测为，在南风井井下加设一条陀螺定向边完成井上下方位传递，实测精度高于误差预计，可增大贯通保障系数<sup>[7]</sup>。

### 2.4 贯通相遇点平面位置误差计算

对地面测量误差、井下导线测量误差、竖井投点及定向误差进行分析计算，根据误差传播定律，各项误差引起贯通相遇点在X轴、Y轴上的平面误差为 $M_X = \sqrt{(M_{XD}^2 + M_{XJ}^2 + M_{XC}^2)} = \pm 152$  mm， $M_Y = \sqrt{(M_{YD}^2 + M_{YJ}^2 + M_{YC}^2)} = \pm 187$  mm。

取2倍的预计误差作为该次贯通测量极限误差，则重要方向上，即垂直于巷道中线方向上的贯通预计极限误差为±304 mm，小于两中线间贯通误差±500 mm的要求，能够满足规范及工程要求，故此测量方案可行。

高斯投影改正及归算到海平面的改正在重要贯通方向上的误差为-87 mm，小于工程要求贯通误差±500 mm的1/5，故本次贯通误差预计不计入此2项改正<sup>[9]</sup>。

## 3 贯通测量高程施测方案及误差分析

此次工程地面高程测量采用GPS拟合法，并

上下联系测量采用全站仪直接测量井深的方法，并下采用三角高程测量方法，严格按照《煤矿测量规程》施测，确保测量精度。

### 3.1 地面近井点高程测量方案及误差分析

此次贯通测量工程地面近井点高程测量，采用GPS高程拟合法代替四等水准测量，经全站仪三角高程测量验证，相差45 mm，符合设计及规范要求精度，以GPS拟合高程作为最终结果。地面两矿井间距离3 960 m，按照《煤矿测量规程》四等水准闭合或附和限差公式计算，地面两矿井的近井点之间高程相对误差预算为 $M_{HD} = \pm 20\sqrt{L} = \pm 39.8$  mm，其中， $L$ 为地面2井间距离，取3.96 km。

### 3.2 井下导线三角高程测量方案及误差分析

井下导线均采用三角高程测量，往返测量立角及边长，2次丈量仪器高及后视镜高，严格按照井下三角高程施测要求测量<sup>[10]</sup>。根据义马煤业集团8个大型闭合导线三角高程精度评定，该台全站仪井下每100 m高程中误差统计值 $m$ 为±6 mm，本次井下导线全长 $R = 5 776$  m，按照《煤矿测量规程》单位长度高差中误差公式估算，井下三角高程测量误差 $M_{HJ} = m\sqrt{R} = \pm 45.6$  mm，其中， $R$ 为井下导线全长，取57.76 hm。

### 3.3 井上下高程传递方案及误差预计

南风井井上下高程传递采用全站仪直接测量井深的方法传递高程，即全站仪置于地面立井井口位置，在井底放置棱镜，采取必要的安全措施，用全站仪直接测量至棱镜的倾斜距离，即为立井深度，经过计算，完成井上下高程传递工作<sup>[11]</sup>。

井上下高程传递误差包含钢尺丈量仪器高误差 $m_1 = \pm 2$  mm；全站仪加常数 $m_2 = 2$  mm；乘常数 $m_3 = 2$  mm/km；地面近井点至钢丝距离 $D = 30$  m，立井深 $H = 800$  m，地面联测钢丝每100 m三角高程中误差 $m = \pm 6$  mm；井下棱镜距控制点距离较短（一般为3~10 m），考虑井筒淋水、风力、照明等自然因素，通过独立多次测量比较，井下棱镜传递到井下控制点的测量误差 $m_4$ 最大可达±20 mm。

根据误差传播定律，采用全站仪测量井深、传递高程误差预计为 $M_{HC} = \pm [m_1^2 + m_2^2 + (Hm_3)^2 + (Dm)^2 + m_4^2]^{1/2} = \pm 20.3$  mm，其中， $M_{HC}$ 为井上下高程传递测量误差，mm。

### 3.4 贯通测量高程总误差预计

对地面近井点高程测量误差、井下导线三角高程测量误差和井上下高程传递误差进行分析计算，利用式(3)一式(5)的计算数据，根据误差传播定律，各项误差引起贯通相遇点高程总误差

$$M_H = \pm \sqrt{M_{HD}^2 + M_{HJ}^2 + M_{HC}^2} = \pm 63.8 \text{ mm}.$$

取2倍的预计误差作为该次贯通极限误差，高程贯通预计极限误差为±127.6 mm，小于《煤矿测量规程》规定重要巷道上高程贯通误差±200 mm的要求，满足施工需要<sup>[1]</sup>，故此测量方案可行。

## 4 结 论

通过改进测量方法，采用数理统计原理，针对特定测量仪器设备及测量条件，评定出测量精度指标，提高了贯通测量误差预计的可靠性，有助于制定合理的测量方案。通过采用立井陀螺定向、全站仪直接测量井深、GPS高程拟合、电子表格程序计算等先进技术，提高了工作效率和测量精度，确保巷道顺利贯通。

### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国能源部. 煤矿测量规程 [S]. 北京: 煤炭工业出版社, 1989.
- [2] 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.
- [3] 李青岳. 工程测量学 [M]. 北京: 测绘出版社, 1984.
- [4] 白建平. 成庄矿井下测量控制网改造 [J]. 煤炭科学技术, 2006, 34 (9): 43~44.
- [5] 于喜东. 矿山测量工 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005.
- [6] 周立吾, 张国良, 林家聪. 矿山测量学 [M]. 徐州: 中国矿业学院出版社, 1983.
- [7] 胡荣明. 陀螺定向时已知边位置的选择 [J]. 西安科技大学学报, 2007, 27 (2): 260~262.
- [8] 刘海义. 巷巷最佳贯通点及贯通域的确定 [J]. 煤炭科学技术, 2006, 34 (6): 24~26.
- [9] 左杰海. 凤凰山矿井下平面测量合理精度的探讨 [J]. 煤炭科学技术, 2003, 31 (6): 76~78.
- [10] 王瑞峰. 全站仪及贯通误差预计在矿山测量中的应用 [J]. 测绘通报, 2008 (10): 36~38.
- [11] 孔昭璧, 杨世清. 矿山测量学 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2001.