

# 钻探钻孔轨迹随钻测量技术浅析

卿启斌, 谭清海, 苏吉平

湖南省地质矿产勘查开发局四一六队, 湖南 株洲  
Email: sjp6689@163.com

收稿日期: 2021年3月19日; 录用日期: 2021年4月21日; 发布日期: 2021年4月28日

---

## 摘要

在煤炭生产过程中, 钻探是煤炭企业在生产之中经常运用到的技术手段。想要更好地保障煤矿井下的钻探工作顺利实施, 我们就需要改进钻孔工艺。井下钻孔在施工过程之中, 施工人员需要保障钻孔的轨迹与设计轨迹吻合, 避免出现误差, 保障探测数据的真实性, 提高防灾效果。通过对钻孔测斜数据的分析, 提高钻孔质量, 满足灾害防治的需求。

## 关键词

钻探, 钻孔轨迹, 随钻测量, 技术

---

# Brief Analysis of Drilling Track Using Measurement While Drilling Technology

Qibin Qing, Qinghai Tan, Jiping Su

The 416 Geological Team of Hunan Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zhuzhou Hunan  
Email: sjp6689@163.com

Received: Mar. 19<sup>th</sup>, 2021; accepted: Apr. 21<sup>st</sup>, 2021; published: Apr. 28<sup>th</sup>, 2021

---

## Abstract

In the process of coal production, drilling is a technical means often used by coal enterprises in production. In order to ensure the smooth implementation of drilling in coal mines, we need to improve the drilling technology. In the construction process of underground drilling, the construction personnel need to ensure that the drilling trajectory coincides with the design trajectory, so as to avoid errors, ensure the authenticity of detection data and improve the disaster prevention effect. Through the analysis of borehole deviation survey data, the borehole quality can be improved to meet the needs of disaster prevention and control.

## Keywords

Drilling, Drill Hole Trajectory, MWD (Measurement While Drilling), Technology

Copyright © 2021 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. 应用背景

近年来我国虽然在随钻测量系统配套和定向钻进技术方面取得了一些突破[1] [2] [3],但是从煤矿井下钻孔轨迹随钻测量技术的总体发展来讲[4] [5] [6] [7] [8],我国在煤矿井下随钻测量系统的发展刚刚处于起步阶段,在硬件和软件方面还都不完善。因此,很有必要结合我国煤矿井下定向钻孔施工的特点,并根据国内施工人员的技术现状和需求开发适合我国工人操作习惯、功能更为全面的随钻测量系统软件。

煤矿井下的防灾工作需要运用钻机施工,钻孔能够更好揭露地层岩性,测算出地质参数,但是在钻孔施工过程之中会受到许多因素的影响。比如,人工开孔定位,经常会由于个人操作能力以及技术的原因,出现精准度较差,造成钻孔倾斜大等问题,无法保障施工质量。钻孔位置不精确,未达到设计预期,会影响到瓦斯等灾害的防治效果,倘若发生重大灾难,也无法针对灾难做出精准施救。

为了钻孔位置、方位角以及倾斜度满足设计要求,需运用到测斜仪探测,但在运用过程会面临种种困难。首先,测斜仪只能针对之前施工情况进行探测,而不能跟随钻孔的轨迹进行探测。在探测过程中,由于仪器工序较多,使用复杂,且采集数据为人工记录方式,增加了人为误差可能性。大量的数据经人工计算分析,需要耗费大量的时间且受精力因素影响较大,分析结果易造成偏差。即使对数据进行处理之后,也无法将轨迹上传到设计图上,与设计轨迹进行直观的对比。并且测斜仪只能对一部分的钻孔进行探测,比如终孔后出现跨孔就无法探测[9] [10]。因此我们应当改进钻孔轨迹技术,促进钻探钻孔轨迹随钻测量技术的提升(图 1、图 2)。

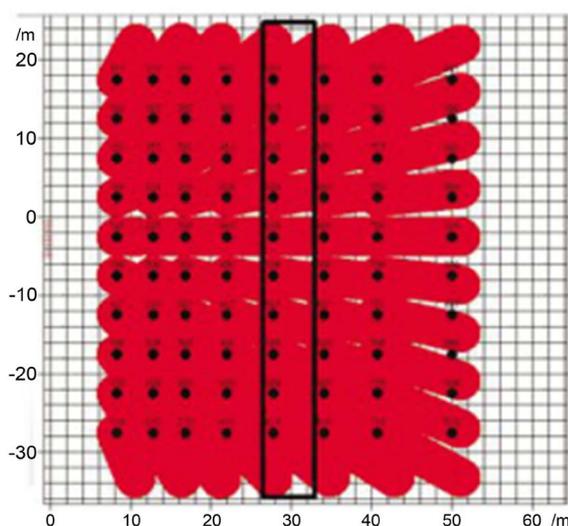
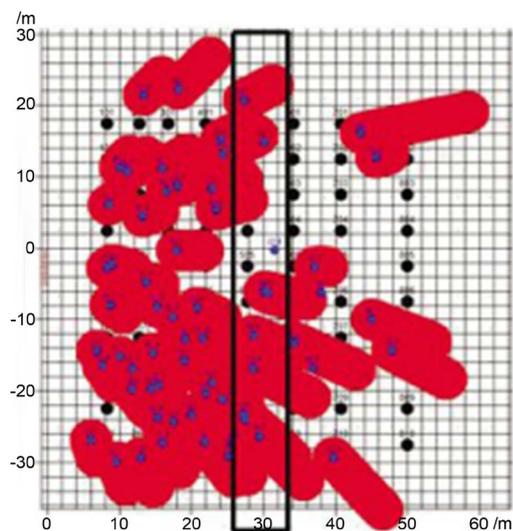


Figure 1. Plan of drilling results

图 1. 钻孔成果平面图



**Figure 2.** Plan of drilling results after inclinometer  
**图 2.** 测斜后钻孔成果平面图

## 2. 基于传感器融合的煤矿井下测量技术

传统的随钻测量系统主要受人为因素影响，导致测量结果和真实的数值有所偏差。要想尽可能的减小人为误差，提高整个仪器的精确度，就需要运用到传感器融合的煤矿井下测量技术。

### 2.1. 基础钻进状态识别

运用振动传感器能随时掌握钻杆的运动状态，钻杆在钻进的过程中会产生震动，因此可以利用这样的技术识别钻进和停止两种状态。一般状况下，振动传感器具有定位器的功能，利用定位器对传感器模块的精密度进行设定，可以提高传感器的灵敏度，避免由于人为操作不当导致的一系列问题[9]。

### 2.2. 复杂钻机状态识别

为了解钻杆的运动状态，可以运用更为复杂的识别系统。比如针对加速度传感器和陀螺仪进行识别，可以通过设定 X 轴加速度参数，就能够了解钻杆的工作状态；亦可通过对陀螺仪正负旋转，了解钻杆的状态与位置。

### 2.3. 基于加速度的进尺精测

可以通过加速度传感器对随钻测量的数据进行分析，了解钻杆状态。通过针对每段的平均钻进速度进行检查和测定，可以了解每一段钻杆的近视值以及每一段的速度。充分了解整个钻杆的运动状态，测定出相关的数值，并把数值输入到模型中，就能够充分的了解钻杆的运动轨迹[11] [12]。运用加速度传感器虽然能够实时了解钻进的速度，但是想要测量的数值更加精准，提升进尺测量的精度，就需要尽可能的减少加速度传感器的随机漂移。需对加速度进尺的数值进行修正，尽可能的减少误差，就可以采用分段积分测量进尺的形式。与此同时，我们也可以运用固定进尺的方式降低进尺的误差。

### 2.4. 分段测量，进尺误差修正

加速度传感器在煤矿井下进行测量的过程之中，由于传感器自身的零部件产生磨损，会存在一定的随机误差。仅仅依靠加速度测量钻杆，就会产生更大的误差，为了保障测量数值的精度，需要对钻杆的每一段进行测量，计算每一段加速度值。测量任意时间段的基础进尺以及分段的加速度值，可以

更好地保障测量数值的准确性，避免偶然误差的出现，尽可能的减小由于加速度带来的误差，保障数值的准确性。

### 2.5. 进尺校正修正

通过对进尺分段测量的方式，可以减小测量数值的误差。我们在测量过程中，需要根据煤矿井下钻杆的实际运动状态，结合工作经验，将每一次增加的进尺作为一个固定的数值，在测量过程中运用分段加速度进行二次积分的方式，能够充分的了解钻杆的长度。对加速度进尺修正，最终可以更好的保障测量的数值与真实数值的相似程度，减小测量中的随机误差。

## 3. 煤矿井下随钻孔空间轨迹测量

煤矿井下随钻测量技术，被称为 MWD，其工作的主要内容是对井下作业之中的钻头运动状态进行测量，了解每一个运动状态与之对应的数值。在测量过程中，对地层数据以及姿态角进行测量，尽可能的保障测量数据的真实性，减小测量误差，提高钻进效率。人为测量过程中，应当提高工作人员的专业性，避免因人为因素干扰而造成测量数据不准的情况发生，尽可能地提高煤矿企业的生产效率。

### 3.1. 随钻孔空间轨迹测量

物体在不同的时间段内，运动轨迹会不一样，通过测量物体在不同位置的运动轨迹，获得物体由运动发生的运动轨迹图象。主要技术参数中，测角及精度要求为：倾角测量范围 $-90^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ，误差 $\pm 0.2^{\circ}$ ；方位测量范围 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ ，误差 $\pm 1.5^{\circ}$ 。在煤矿井下钻孔工作过程中，了解钻头的运动轨迹，更好地让施工人员的施工过程满足设计要求，需运用到测绘学中的导航学原理。钻孔轨迹仪测量系统设备 YZG7 矿用钻孔轨迹测量仪，把钻头的运动轨迹测量过程转变成为对钻头之中每一个部分的运动轨迹测量。将钻头中化分成无数个节点，针对每一个节点不同时刻的运动轨迹进行测量，将这些节点的运动轨迹输入到某一个程序之中，就可以得到钻头的总运动轨迹。通过分析不同时刻的距离差以及各个测量点之间的姿态，就可以了解到煤矿井下钻头在给定过程之中的路径。也可以运用最新的技术，比如在钻头中安装“AHRS”系统，通过该系可以尽可能的帮助工作人员节省时间，更加精准的探测出钻头随着时间变化的数据，了解整个钻头的运动轨迹[13][14][15] (如图 3)。

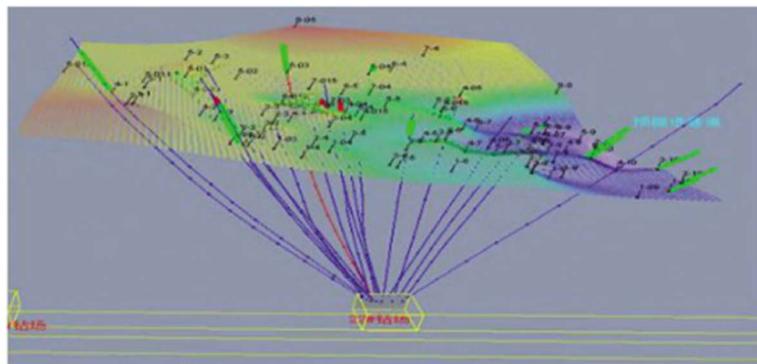


Figure 3. 3D display of borehole trajectory

图 3. 三维显示钻孔轨迹图

### 3.2. 随钻空间轨迹测量仪器的集成设计

由于钻具工作过程中直径较小，并且内部空间较小煤矿井下作业的空间较为狭窄，因此在钻杆进行

运用的过程中, 需要科学的选择随钻测量仪器。在仪器的选择中, 要满足安全设计的原则。也就是说必须要保障整个设备满足安全标准, 尽可能地降低钻头工作时脱落的可能性, 促进传感器灵敏度的提升。充分的了解随钻仪器的工作特点, 由于仪器需要在狭小的空间之内使用, 因此我们在使用过程中必须要保障仪器的稳定性。想要尽可能的减小仪器内部的磨损, 需要不定期对仪器进行检修, 延长仪器的使用寿命, 定期清理仪器内部的零件, 保障其内部零件的整洁。

#### 4. 总结

本篇文章针对钻探钻孔轨迹随钻测量技术进行论述, 帮助大家了解该技术的应用背景, 基于传感器融合的煤矿井下测量技术, 基础钻进状态识别, 复杂钻机状态识别, 基于加速度的进尺精测, 分段测量, 进尺误差修正, 进尺校正修正, 以及煤矿井下随钻孔空间轨迹测量, 随钻空间轨迹测量仪器的集成设计。希望能够通过本篇文章的论述, 改进钻孔测量过程中的种种问题, 帮助煤炭企业节省大量的资金, 提高企业日常生产效率。与此同时, 企业领导人员应当提高对钻进技术的重视程度, 对员工进行培训, 加强操作人员的专业性, 保障煤矿矿井采掘过程中的安全性, 保障工作人员的生命安全, 帮助企业创造更多的经济效益。

#### 参考文献

- [1] 何伯稳. 钻探钻孔轨迹随钻测量技术应用[J]. 安徽科技, 2020(3): 49-50.
- [2] 原金科. 煤矿井下随钻测量定向钻进技术及应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2015(11): 40-41.
- [3] 石智军, 许超, 李泉新, 张杰. 随钻测量定向钻进技术在煤矿井下地质勘探中的应用[J]. 煤矿安全, 2014(12): 137-140.
- [4] 杨建军. 随钻测量定向钻进技术在探测断层中的应用[J]. 煤炭科技, 2018(1): 110-112.
- [5] 雷晓荣. 多用途矿井钻孔轨迹测量装置的研制[J]. 煤矿机械, 2020, 41(2): 17-20.
- [6] 刘喜龙, 张军, 赵明校, 胡航. 钻孔轨迹测量技术及应用研究[J]. 西部探矿工程, 2016(11): 17-20.
- [7] 孙宽, 李鑫, 韩流, 周伟, 邓有燃. 露天采矿机复合切割轨迹对比研究[J]. 金属矿山, 2013(10): 101-105.
- [8] 汪凯斌, 赵佳佳. 一种新型随钻轨迹仪的研制[J]. 煤矿安全, 2020(1): 325-326.
- [9] 刘涛, 王伯雄, 崔园园, 罗秀芝. 水平定向钻进的轨迹误差分析与优化[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2011, 51(5): 592-596.
- [10] 李静, 张金昌, 陈晓琳. 地质勘探钻孔轨迹计算新模型[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(1): 22-24.
- [11] 朱永宜. 钻孔轨迹数学模型在地质勘探中的定位精度验证[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2001(1): 37-39.
- [12] 张益忠, 殷琨. 非开挖可控冲击矛轨迹变化的试验研究[J]. 长春科技大学学报, 1999(4): 404-407.
- [13] 石峰, 战凯, 顾洪枢, 冯孝华, 郭鑫. 地下铲运机跟踪轨迹推算模型研究[J]. 有色金属(矿山部分), 2010, 62(6): 66-69.
- [14] 贺克让, 王小伟, 董万江. 带式输送机滚筒卸料轨迹的理论设计与设计[J]. 煤矿设计, 2000(10): 23-25.
- [15] 方鹏, 姚克, 王松, 赵良. 煤矿井下定向钻机钻进参数监测系统研制[J]. 煤炭科学技术, 2019, 47(12): 124-130.