

多煤层条带穿层钻孔轨迹在线监测 全数据分析法技术研究应用

赵俊达

淮北矿业(集团)有限责任公司邹庄煤矿, 安徽 淮北

收稿日期: 2022年11月17日; 录用日期: 2022年12月15日; 发布日期: 2022年12月23日

摘要

多煤层条带穿层钻孔施工数量多, 测斜率低, 钻孔轨迹难以准确控制, 存在人工记录孔深不准确、钻孔偏斜等问题, 导致钻孔控制精度不高。针对井下穿层钻孔群轨迹测量与分析的需求, 设计开发了基于全数据分析法的钻孔轨迹在线监测技术与系统, 通过实时监测施水压及钻孔倾角确定孔深, 实时监测钻孔三维轨迹及盲区情况, 并及时调整钻孔参数, 指导钻孔施工。现场应用效果良好, 有效保证了多煤层条带穿层钻孔安全高效施工。

关键词

多煤层, 钻孔轨迹, 在线监测, 全数据分析

Research and Application of Full Data Analysis Method for Online Monitoring of Multi Seam Strip Drilling Trajectory

Junda Zhao

Zouzhuang Coal Mine of Huaibei Mining (Group) Co., Ltd., Huaibei Anhui

Received: Nov. 17nd, 2022; accepted: Dec. 15th, 2022; published: Dec. 23rd, 2022

Abstract

The number of multi coal seam strip outburst elimination boreholes is large, the slope measurement rate is low, and it is difficult to accurately control the borehole trajectory. There are problems such as inaccurate manual record of the hole depth and borehole deflection, which lead to low drilling control accuracy. In view of the demand for the measurement and analysis of the trajectory of the underground through layer drilling group, the online monitoring technology and system of the borehole trajectory based on the full data analysis method are designed and devel-

oped. Through the real-time monitoring of the water pressure and the borehole inclination, the hole depth is determined, the three-dimensional trajectory of the borehole and the blind area is monitored in real time, and the drilling parameters are adjusted in time to guide the drilling construction. The field application effect is good, which effectively ensures the safe and efficient construction of multi seam strip cross seam drilling.

Keywords

Multi Seam, Borehole Trajectory, Online Monitoring, Full Data Analysis

Copyright © 2022 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

邹庄矿井地质条件复杂,煤与瓦斯突出严重[1] [2]。根据 7703 底抽巷施工 72 煤和 82 煤条带穿层钻孔施工实践,前期施工时虽选取了一定比例的钻孔进行测斜和轨迹分析,但无法实时监测钻孔过程中的倾角数据,倾角数据传输繁琐,工作量大;并且随钻轨迹仪也无法同步呈现各个钻孔的轨迹,不利于判断各个钻孔间的方位关系[3]。鉴于此,研究试验基于全数据分析法的钻孔轨迹在线监测技术,包括研究开发钻孔深度在线监测系统装备,试验应用钻孔轨迹在线监测系统软件,完成钻孔全数据分析方法应用[4]。通过研究,形成一套钻孔轨迹在线监测系统,及时呈现钻孔三维轨迹、评价钻孔在煤层中分布,给出钻孔偏移规律及补钻建议,达到及时消除瓦斯抽采的盲区,提高了穿层钻孔施工和均匀瓦斯抽采精度[5] [6]。通过 7703 机、风巷煤巷掘进瓦斯治理效果实际验证,有效预防了煤与瓦斯突出事故的发生,实现煤巷掘进瓦斯 0.3% 以下的安全效果。

2. 工作面概况

7703 工作面倾向宽 200 m,走向长 2150 m。该工作面 7_2 煤层煤厚 4.30~6.25 m,平均 5.17 m,煤(岩)层倾角 $6^\circ\sim 18^\circ$,平均 14° ; 8_2 煤层煤厚 1.80~3.25 m,平均 2.31 m,煤(岩)层倾角 $6^\circ\sim 17^\circ$,平均 13° ;煤层结构复杂[7]。 7_2 煤层与 8_2 煤层层间距 7.86~13.88 m 平均 10.22 m。 7_2 煤最大瓦斯压力为 1.91 MPa,见煤标高为 -736.5 m; 8_2 煤最大瓦斯压力为 1.52 MPa,见煤标高为 -751.2 m。为消除煤与瓦斯突出的风险,在 7703 工作面内错机、风巷 30 m,距 8_2 煤层底板法距 20~25 m 布置两条底抽巷,施工穿层钻孔预抽机巷、风巷及切眼条带瓦斯,穿层钻孔设计 380,000 m。

3. 钻孔轨迹在线监测方案

研究试验的钻孔轨迹在线监测技术全数据分析法包含:

- 1) 研究开发钻孔深度在线监测系统装备;
- 2) 试验应用钻孔轨迹在线监测系统软件;
- 3) 选取两个钻场的钻孔施工完成全数据分析方法应用。

3.1. 钻孔深度在线监测系统搭建

水压数据采集设备将监测到的钻孔水压数据通过防爆计算机送入井下环网,经环网上传到地面计算

机, 再利用数据处理软件对数据进行处理并确定钻孔深度[8]。

施工前, 将压力传感器设置在孔隙型水压探测器上, 施工过程中, 利用 KGY60 矿用本质安全型压力变送器每间隔 6s 采集整个钻进过程中的水压数据。具体计算方法利用公式:

$$H = P / (\rho g \sin \theta) \quad (3-1)$$

式中, H 为钻孔深度, P 为静水压力, ρ 为水的密度, g 为重力加速度, θ 为钻孔倾角。

KGY60 矿用本质安全型压力变送器测量数据传输借助井下现有的光纤环网实现。水压传感器通过通讯口接入井下 KJ90-F16(C) 监控站, 实时采集钻进过程中钻杆内的水压变化, 经过井下环网交换机及地面中心交换机将水压数据发送到地面监控计算机。

3.2. 钻孔轨迹在线监测系统搭建

钻孔轨迹数据的传输通过井下现有的光纤网络实现[9]。利用 YZG7 矿用钻孔轨迹仪采集钻孔施工轨迹, 将采集到的数据通过 USB 传输线传输到井下 KJD127 浇封兼本安型防爆计算机, KJD127 浇封兼本安型防爆计算机通过 KJJ12 接入网关经过变电所光纤配线箱、井下中央变电所光纤配线箱、副井上口光纤配线箱、地面中心机房光纤配线箱及办公网交换机等传输设备将测量数据发送到地面计算机。在不同钻场施工时, 只要钻场附近配置 KJD127 防爆计算机将计算机接入附近的 KJJ12 接入网关, 即可借助已有的光纤配线网络将 YZG7 矿用钻孔轨迹仪的测量数据上传到地面计算机上。钻孔数据传输通道中, 光纤网络及地面计算机都是已有的, 只是需要将 KJD127 浇封兼本安型防爆计算机接入光纤网络并设置 IP 地址, 即可实现钻孔轨迹数据的及时上传与接收。

3.3. 钻孔轨迹在线监测系统全数据分析处理

钻孔轨迹在线监测技术通过随钻轨迹仪采集钻孔轨迹数据, 利用井下防爆电脑将钻孔轨迹数据送入井下光纤环网, 利用水压传感器监测钻杆内的水压数据并将水压数据送入井下监测网络, 钻孔轨迹数据和钻孔水压数据传输到地面后经交换机接收送入地面计算机借助基于全数据分析法的数据处理及显示软件进行钻场内钻孔群轨迹的精确定位及三维显示, 实现钻场钻孔群轨迹在线监测[10] [11]。

选定施工钻场, 在施工钻场搭建数据传输系统, 然后调整钻机按照开孔参数开孔, 安装轨迹仪并连接钻杆, 开始钻孔施工并同步采集数据, 当钻孔施工完成退钻后通过数据传输系统上传测量数据, 地面接收测量数据, 建立全数据分析法的钻孔数据处理软件, 分析提取出水压力数据和钻杆倾角数据, 通过公式计算出钻孔的深度并绘制钻孔轨迹, 最后三维显示设计轨迹和实钻轨迹对比, 给出补孔的指导意见, 直至整个施工钻场全部钻孔施工结束。

4. 现场工程应用及效果

4.1. 钻孔设计

以 87 上部车场(即 7703 风联巷及回风联巷)左 3 钻场试验为例[12]。87 上部车场(即 7703 风联巷及回风联巷)左 3 钻场内钻孔间距为 5×5 m, 控制到煤巷掘进工作面上帮轮廓线(沿层面距离)不小于 15 m、下帮轮廓线不小于 15 m 范围, 终孔穿过 7_2 煤顶板 1 m。钻孔工程量约 14,000 m。图 1 是左 3 钻场底板穿层钻孔设计平面图。

4.2. 钻孔数据采集

在 87 上部车场左 3 钻场随钻测量钻孔, 通过数据传输通道上传了钻孔的数据。限于篇幅, 只列出了左 3 钻场一个钻孔测量数据。其中左 3 钻场 5-1 钻孔测量数据如表 1 所示。

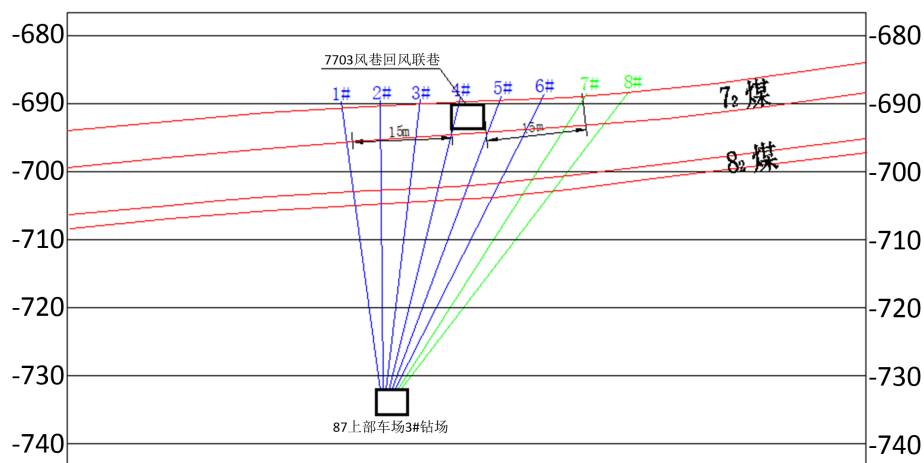


Figure 1. Design plan of drilling through the floor of 87 upper parking lot construction
图 1. 87 上部车场施工底板穿层钻孔设计平面图

Table 1. Measurement data of borehole 5-1 in left 3 drilling field
表 1. 左 3 钻场 5-1 钻孔测量数据

深度	倾角	磁方位角	工具面向角	左右位移	上下位移	左右位移(设计)	上下位移(设计)	地理方位角
0	74.08	109.31		0	0	0	0	103.71
3	74.08	109.31	351.95	0.068	2.8849	0.000	2.9344	103.71
5	73.32	101.41	71.52	0.075	4.8045	0.000	4.8907	95.81
7	72.84	96.68	286.65	0.018	6.7179	0.000	6.8470	91.08
9	73.07	98.69	353.72	-0.053	8.6300	0.000	8.8033	93.09
11	72.94	97.06	283.74	-0.121	10.5427	0.000	10.7596	91.46
13	72.14	103.66	144.31	-0.165	12.4505	0.000	12.7159	98.06
15	73.84	96.92	332.96	-0.207	14.3628	0.000	14.6722	91.32
17	72.67	104.08	123.18	-0.247	16.2779	0.000	16.6285	98.48
19	72.89	103.72	119.40	-0.254	18.1882	0.000	18.5848	98.12
21	73.95	100.96	42.38	-0.276	20.1050	0.000	20.5411	95.36
23	73.91	102.27	61.77	-0.305	22.0268	0.000	22.4974	96.67
25	73.66	96.45	256.03	-0.356	23.9472	0.000	24.4537	90.85
27	73.09	102.21	140.79	-0.408	25.8636	0.000	26.4100	96.61
29	73.32	101.69	118.96	-0.435	27.7783	0.000	28.3663	96.09
31	74.73	96.08	348.45	-0.489	29.7009	0.000	30.3226	90.48
33	73.44	102.43	118.29	-0.539	31.6241	0.000	32.2789	96.83
35	74.09	94.37	245.46	-0.598	33.5443	0.000	34.2352	88.77
37	73.62	95.89	233.51	-0.689	35.4654	0.000	36.1915	90.29
39	74.67	100.59	65.50	-0.750	37.3892	0.000	38.1478	94.99
41	75.60	96.37	11.83	-0.804	39.3222	0.000	40.1041	90.77
43	75.42	92.56	323.14	-0.892	41.2586	0.000	42.0604	86.96

4.3. 钻孔数据处理三维成果

利用数据处理软件将实测的钻孔轨迹数据进行分析处理及建立三维曲面图[13][14],如图2所示,图中黑色曲线为实际钻孔的轨迹,预掘进巷道由设计 8_2 煤层和 7_2 煤层组成,其中 8_2 煤层设计厚度为1.8米, 7_2 煤层设计厚度3.5米[15][16]。根据监测出的数据,软件拟合出实际煤层与设计煤层,如图3所示,中间灰色区域分别表示设计 8_2 煤层和 7_2 煤层,上方曲面区域是由实测轨迹数据拟合的 8_2 煤层进煤面和出煤面以及 7_2 煤层进煤面和出煤面。

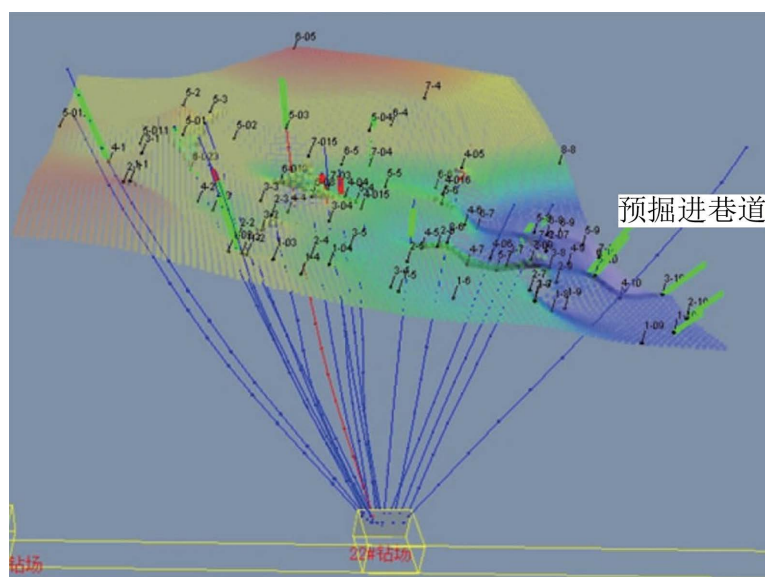


Figure 2. 3D surface
图2. 三维曲面

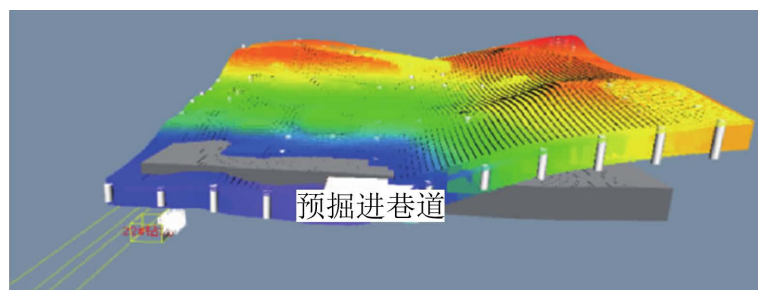


Figure 3. Comparison between measured coal seams and designed coal seams
图3. 实测煤层与设计煤层的对比

5. 结论

- 1) 采用YZG7随钻轨迹仪或YQG1轨迹仪实现钻孔轨迹数据测量,借用现有工业环网搭建钻孔数据传输系统,实现成孔后轨迹数据的实时上传。
- 2) 通过水压传感器监测水压变化情况,并计算得出钻孔内静水压力,结合钻孔倾角确定钻孔深度。
- 3) 采用基于全数据处理法的钻孔轨迹处理软件,建立钻孔群轨迹及煤层分布的三维图,直观展示钻场各个钻孔的实际轨迹。
- 4) 根据钻孔轨迹三维显示图,分析钻孔轨迹、钻孔偏移及覆盖盲区,及时调整钻孔参数,指导钻孔施工。现场应用,取得了良好的效果。

参考文献

- [1] 王小龙, 赵亮, 张军. 煤矿井下钻孔群在线监测系统设计与应用[J]. 煤矿安全, 2021, 52(7): 112-115.
- [2] 石智军, 刘建林, 李泉新. 我国煤矿区钻进技术装备发展与应用[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(4): 1-6.
- [3] 梁春苗, 姚宁平, 姚亚峰, 等. 狭窄巷道用定向钻机研制及应用[J]. 煤矿安全, 2019, 50(6): 104-110.
- [4] 冯强. 回转钻进钻孔测量系统及其在寺河矿的应用[J]. 煤炭技术, 2013, 32(6): 66-68.
- [5] 黄麟森. 回转钻进随钻轨迹测量系统的应用[J]. 煤矿安全, 2016, 47(3): 104-106.
- [6] 杨林. 煤矿井下瓦斯抽采钻孔机器人研究现状及关键技术[J]. 煤矿机械, 2018, 39(8): 60-62.
- [7] 汪凯斌, 赵佳佳. 一种新型随钻轨迹仪的研制[J]. 煤矿安全, 2020, 51(1): 99-102.
- [8] 王岚. 存储式随钻测斜仪的研制[J]. 煤田地质与勘探, 2013, 41(3): 79-80.
- [9] 宫浩. 矿用低功耗随钻轨迹测量仪[J]. 煤矿安全, 2019, 50(5): 105-108.
- [10] 李克松, 郭青. 煤矿井下回转钻孔轨迹测量系统试验[J]. 煤矿安全, 2015, 46(1): 26-28.
- [11] 张军, 王信文. 矿井上行钻孔深度高精度测量技术[J]. 煤矿安全, 2020, 51(7): 132-135.
- [12] 王清峰, 黄麟森. 基于外部供电的矿用随钻测量装置研究及应用[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(3): 12-15.
- [13] 孙继平. 煤矿信息化与智能化要求与关键技术[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(9): 22-25.
- [14] 孙继平. 煤矿信息化与自动化发展趋势[J]. 工矿自动化, 2015, 41(4): 1-5.
- [15] 黄麟森, 张先韬. 回转钻进随钻测量装置数据处理软件设计[J]. 工矿自动化, 2015, 41(7): 112-114.
- [16] 丁雷. 基于 GIS 的煤矿水害预警系统[J]. 矿业安全与环保, 2013, 40(2): 46-48.