

# 玉华矿某顺槽随掘地震监测技术应用效果研究

许明瑞<sup>1</sup> 仵晓波<sup>2</sup> 白浪<sup>2</sup>

1 中煤科工西安研究院（集团）有限公司 2 陕西陕煤铜川矿业有限公司 玉华煤矿

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1724

**[摘要]** 煤矿井下地震勘探的炸药震源受火工品管控影响大,难以实现煤矿开采过程中动力地质灾害的监测预警。随掘地震监测技术是一种利用掘进机在截割煤壁时产生的震动信号作为震源,可实现对巷道掘进前方及侧前方150m范围内的地质异常体进行实时超前探查及动态地质预报。本文以玉华矿某运输顺槽随掘地震监测为例,简述了该技术的基本原理、应用过程及应用效果,阐述了该技术在煤矿地质勘探和安全生产中的重要作用。结果表明:该技术在探测过程中具有高效、准确、实时的特点,能准确探测巷道掘进前方异常体的发育位置及影响范围,为煤矿的安全生产和可持续发展提供了有力支持,代表了今后煤矿智能探测技术的发展方向。

**[关键词]** 动力地质灾害; 监测预警; 随掘地震监测技术; 安全生产; 智能探测

中图分类号: P315 文献标识码: A

## Research on the application effect of seismic monitoring technology during excavation in a certain channel of Yuhua Mine

Mingrui Xu<sup>1</sup> Xiaobo Wu<sup>2</sup> Lang Bai<sup>2</sup>

1 China Coal Science and Technology Xi'an Research Institute (Group) Co., Ltd

2 Shaanxi Yuhua Coal Mine, Shaanxi Coal Tongchuan Mining Co., Ltd

**[Abstract]** The explosive source used in seismic exploration for coal mines is heavily influenced by explosives control, making it difficult to monitor and predict dynamic geological disasters during coal mining. Seismic monitoring technology during excavation is a technology that uses the vibration signals generated by the cutting head of the tunnel boring machine during coal wall cutting as the source of seismic waves, which can realize real-time forward exploration and dynamic geological forecasting within 150m of the tunnel excavation front and side front. This paper takes the example of the seismic monitoring during excavation in the transportation cut of the Yuhua mine area to briefly explain the basic principles, application process, and application effects of the technology, and expounds the important role of the technology in coal geological exploration and safe production. The results show that the technology has the characteristics of high efficiency, accuracy, and real-time detection in the exploration process, and can accurately detect the development position and influence range of abnormal bodies in the tunnel excavation front, providing strong support for the safe production and sustainable development of coal mines and representing the development direction of intelligent exploration technology in coal mines in the future.

**[Key words]** Dynamic geological disaster; Monitoring and early warning; Seismic monitoring technology for excavation; Safe production; Intelligent detection.

### 引言

随着我国煤矿开采的深入和规模的扩大,煤矿安全问题日益凸显。其中,地质构造不清晰是导致煤矿事故频发的主要原因之一。由于地下岩层结构复杂多变,断层、褶皱等地质异常体广泛分布,给煤矿开采带来了极大的安全隐患,因此,在巷道掘进期间如何准确、清晰地探查迎头前方的地质灾变体显得尤为重要。

传统井下地震勘探方法进行超前探测时使用的炸药震源,不仅对激发点周围的岩性破坏性强烈,施工危险系数高,且需要停止作业,无法实现“边掘边探”。而随掘地震监测技术是一种利用掘进机截割煤壁时产生的震动信号作为震源,不仅绿色环保、经济高效,更避免了炸药震源带来的破坏性和安全隐患;由掘进机产生的信号是稳定且连续的,受外界干扰较小,能够提供

更准确、更可靠的地质信息。随掘地震监测通过构建井上-井下联合监测系统,实现了地震数据的实时采集与实时处理,能够动态监测巷道前方及侧前方150m范围内的地质灾变体的形态、位置和发育规模,为煤矿的安全生产提供有力保障,真正意义上实现了探掘相结合。我们在对玉华矿某掘进巷道进行随掘地震监测的实际应用中,对巷道掘进过程中可能遇到的无煤带边界进行了圈定,并与巷道实际揭露情况对比,验证了该方法的准确性与可靠性。

## 1 随掘地震监测技术基本原理及观测系统设计

### 1.1 随掘地震监测技术基本原理

随掘地震监测技术主要利用掘进机在工作过程中产生的振动信号作为震源,通过布置在巷道内的地震传感器接收这些信号,并利用随掘地震数据实时处理和动态成像技术,对矿区地质条件开展在线式精细探测。掘进机截割煤壁时的震动信号会在煤层内向四周传播,当迎头前方遇到断层、陷落柱或煤厚变化等地质边界时会形成放射波,会被布置在巷道内的检波器实时接收,通过光纤传输至地面监控中心,在服务器上对采集的实时数据进行展示,并动态成像。随掘地震监测技术原理如图1所示。

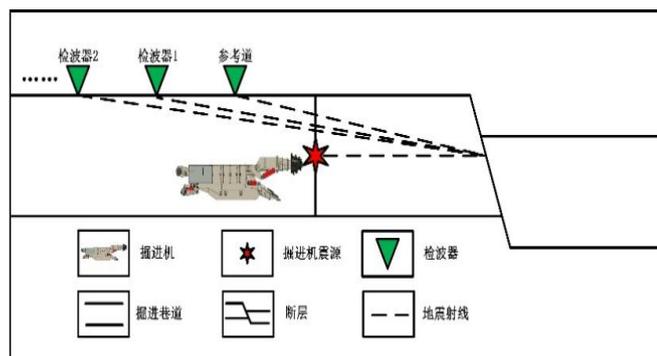


图1 随掘地震监测技术原理示意

由于掘进期间采集的数据量较大,我们会对采集的地震数据进行分段处理,采用互相关等数学手段对原始数据进行处理分析,得到如同炸药震源的地震炮集记录,如图2所示。通过随掘地震监测大数据实时处理,可对成像结果不断更新,以达到对地质构造的精细探查。

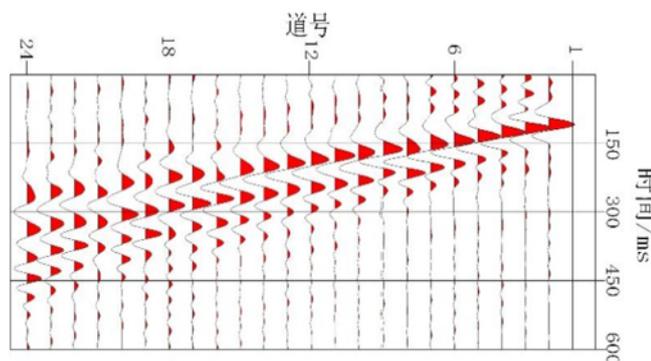


图2 随掘地震等效炮集记录

### 1.2 随掘地震监测技术观测系统设计

以玉华煤矿某运输顺槽随掘地震为例,为探明掘进巷道前方无煤带发育边界,确定在迎头60m向外的巷道中部侧帮布设监测分站,进行随掘地震数据的采集。随掘地震监测设计测线长度为230m,共布设4台监测分站及相应配套的供电和网络设备,每套监测分站均有6个接收通道,共使用了24个检波器,道距约10m。当巷道每推进60m时,将最后方的6道传感器检波器依次挪至最前方,以此往复,直至完成工作面监测。观测系统设计如图3所示。

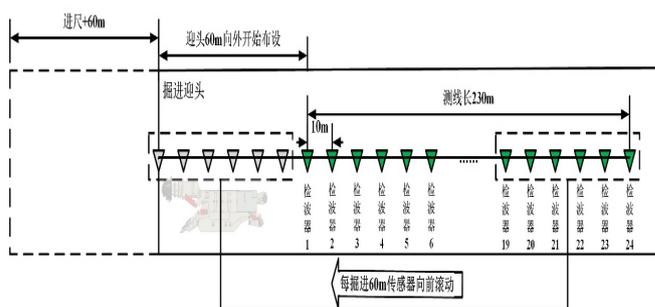


图3 随掘地震观测系统设计

## 2 应用实例

为圈定某运输顺槽巷道前方的无煤带发育边界及其影响范围,矿方决定采用随掘地震监测对巷道进行超前探测,以便提前调整巷道掘进方向和巷道坡度,降低无煤带对巷道掘进产生的影响。根据2023年6月2日至2023年9月5日成像结果显示,在巷道迎头前方130m存在一处反射能量异常区。根据当日成像结果和现有地质资料进行综合分析,推测该位置为明显的煤岩反射界面,应为钻孔资料所控制的无煤带发育边界,影响范围约25m。成像结果由图4所示。

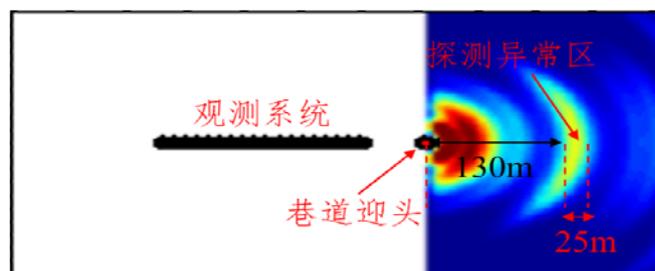


图4 9月5日随掘地震成像结果显示



图5 9月21日井下揭露情况

## Geological and Mineral Surveying and Mapping

据2023年9月21日井下实际追踪及巷道揭露情况发现,确定该异常位置为无煤带边界(由原始沉积环境引起),无煤影响范围约30m。随掘地震监测成像结果同无煤带实际发育边界的平面误差偏移仅3m,超前探测距离可达130m,由此可见,随掘地震监测技术的探测精度极高。此次应用,不仅能够准确圈定无煤边界,而且其影响范围与实际情况基本吻合。

### 3 结论与展望

通过在该矿区的实际应用,展现出了随掘地震监测技术其高效、准确、实时的特点。该技术不仅能够精细探测掘进迎头前方的地质构造,还能够实时监测动态灾变条件,使得生产过程中能够实时掌握地质情况,避免了因地质条件不明而导致的生产事故和停机损失。

未来,随掘地震监测技术将进一步向高精度、自动化和智能化方向发展。如利用人工智能和机器学习对海量地震数据及成像结果进行自动化处理和分析;利用井下5G基站实现地震数据的无线传输等。随着随掘地震监测技术的不断完善和应用范围

的扩大,日后该技术将显著提升煤矿在巷道掘进过程中的安全生产能力,加快掘进进程,引领煤矿行业迈向智能化、智能探测的新篇章。

### [参考文献]

[1]程建远,覃思,陆斌,等.煤矿井下随采地震探测技术发展综述[J].煤田地质与勘探,2019,47(3):1-9.

[2]程久龙,李飞,彭苏萍,等.矿井巷道地球物理方法超前探测研究进展与展望[J].煤炭学报,2014,39(8):1742-1750.

[3]王季,覃思,陆斌,等.基于掘进机随掘震源的巷道侧前方断层成像技术[J].煤炭科学技术,2021,49(2):232-237.

[4]陆斌,程建远,胡继武,等.采煤机震源有效信号提取及初步应用[J].煤炭学报,2013,38(12):2202-2207.

### 作者简介:

许明瑞(1995--),男,汉族,陕西西安人,工程师,从事西安研究院随采随掘业务的现场施工与管理。