

# 红四煤矿 10506 工作面反射槽波技术应用评价

肖文杰

中煤科工西安研究院(集团)有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i4.1730

**[摘要]** 为了解决红四煤业有限公司10506回采工作面内部断层对回采工作面的布置和安全生产这一问题,利用井下槽波地震勘探技术对工作面内部断层、陷落柱等地质构造进行采前探测。通过前期地质踏勘与设计,中期现场数据采集,后期数据处理、探测成果分析等过程,精准圈定了影响10506工作面回采的地质构造(陷落柱、断层等)的位置及影响范围,并根据成果报告,提前对工作面的回采工作采取了有效措施,有效降低了工作面回采过程中由隐伏地质构造所造成的风险,取得了较好的经济技术效果。

**[关键词]** 槽波地震勘探; 断层

中图分类号: P631; TD166 文献标识码: A

Application evaluation of in-seam wave seismic exploration technology in the 10506 working face of Hong Si Coal Mine

Wenjie Xiao

Institute Co. Ltd., China Coal Technology and Engineering Group Corp

**[Abstract]** In order to solve the problem of large scale and large quantity of geological structures that affect the safety of mining in the 10506 mining face of Hong Si Coal Industry Co, Ltd, the underground trough in-seam wave seismic exploration technology is used to detect the geological structures such as faults and collapse columns inside the working face before mining. Through preliminary geological exploration and design, mid-term on-site data collection, later data processing, and analysis of detection results, the location and impact range of geological structures (collapse columns, faults, etc.) that affect the mining of the 10506 working face were accurately delineated. Based on the results report, effective measures were taken in advance for the mining work of the working face, effectively reducing the risks caused by hidden geological structures during the mining process, and achieving good economic and technical results.

**[Key words]** in-seam wave seismic exploration technology; fault

## 引言

由于在漫长地质年代中的各种构造运动,引起采煤工作面中的煤层起伏、错断等地质构造。构造的分布往往影响煤矿对采面的布置,而且这些构造往往伴生瓦斯和矿井水,进而威胁煤矿的安全生产,因此在工作面回采之前对工作面内的构造发育情况进行探测是很有必要的<sup>[1-3]</sup>。煤矿井下常见的探测构造的方法是煤矿槽波地震勘探,该方法是利用在煤层中激发和传播的导波,探查煤层不连续性的一种地球物理方法,是地震勘探的一个分支<sup>[4]</sup>。槽波地震勘探可以探查小断层、陷落柱、煤层分叉与变薄带、采空区及废弃巷道等地质异常,具有勘探距离大、精度高、抗干扰能力强、波形特征易于识别以及最终成果直观的优点,尤其在勘探精度和距离上优于坑透等煤矿井下勘探方法,其中槽波透射法和反射法是目前最有效的勘探方法<sup>[5-10]</sup>。

红四煤业有限公司10506回采工作面在回采前,受到三维地

震解释断层DF10(NE, 53°)的影响较大,该断层在工作面回风顺槽已揭露,落差约26m,为查明该断层在工作面中的平面位置与影响范围,采用槽波反射勘探技术对工作面内的构造发育情况进行探查。

## 1 工程布置

在充分研究红四煤矿相关地质资料的基础上,以急需解决的地质任务为前提,结合西安研究院自主研发的GeoCoal槽波地震数据处理系统,经过计算测试,认为采用全排列采集方案可最大限度地接收有效数据,故最终采用了全排列的采集方案进行数据采集。10506工作面槽波探测沿机巷、切眼及风巷布置激发点和接收点,详细接收点、激发点布设情况见表1。

10506工作面接收点与激发点布置如下:

(1)接收点: 道距10m, 共布设接收点243个;

(2)炮点: 激发点距20m, 共布设激发点128个。

表1 10506工作面勘探点布置一览表

巷道 名称	炮点 编号	炮点 间距(m)	炮数 (个)	接收点 编号	接收点 间距(m)	接收 点数(个)
回风斜巷				R14-R28	10	15
回风顺槽	S21-S82	10、20	59	R32-R134	10	103
切眼	S83-S94	20	12	R135-R158	10	24
运输顺槽	S95-S151	10、20	57	R159-R259	10	101
总计			128			243

## 2 数据处理

### 2.1 数据预处理

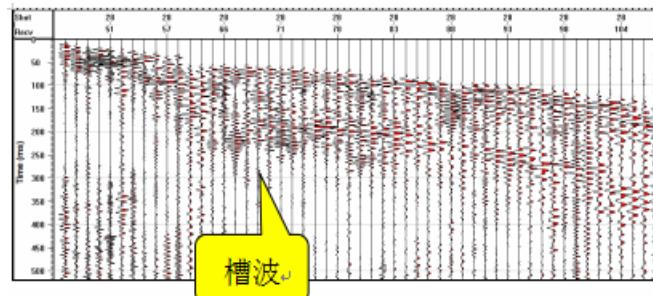
对采集到的原始数据进行数据解编, 坏道处理, 野值切除和零漂矫正。

### 2.2 能量扩散补偿

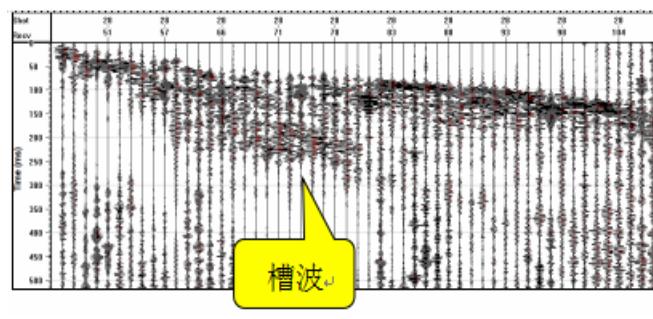
从激发点出发的地震波随着传播距离的增加, 呈现球面扩散, 能量有所下降, 频率随之降低。槽波成二维板状扩散, 能量扩散补偿是解决这一问题的有效途径。原始单炮经扩散补偿校正后, 远道记录能量得到加强, 层次更加清楚。

### 2.3 带通滤波

采用带通滤波对槽波数据围岩折射纵波、折射横波进行压制, 滤波处理后槽波能量变强, 波形特征更加明显, 提高了槽波的信噪比。



(a) 滤波前数据



(b) 滤波后数据

图1 S28激发点滤波前后对比图

### 2.4 速度分析

利用频谱扫描技术分析折射纵波、折射横波、直达槽波等

频谱分布规律、获得有效波的频带范围, 包括低截频和高截频。使用加窗傅立叶变换、多次滤波、小波变换、S变换等提取槽波的频率-速度谱; 根据频散谱识别槽波振型、阶次等; 识别并拾取槽波埃里相频率分布及速度。

槽波是典型的频散波, 即槽波的速度随频率的改变而变化。在估计出10506工作面围岩与煤层纵横波速度等参数后, 可根据槽波频散公式计算槽波的频散曲线, 求出各频率上槽波的速度。工作面围岩与煤层各个参数如表2所列, 求取频散曲线的公式为:

$$\frac{\omega d}{c_L} \sqrt{c_L^2 / v_{S1}^2 - 1} = \arctan \left[ \frac{\mu_1}{\mu_2} \frac{\sqrt{c_L^2 / v_{S2}^2 - 1}}{\sqrt{c_L^2 / v_{S1}^2 - 1}} \right] + n\pi \quad (1)$$

其中:

$d$ : 1/2煤厚;  $v_{S1}$ 、 $v_{S2}$ : 围岩与煤层的横波速度;

$c_L$ : 槽波的速度;  $\mu_1$ 、 $\mu_2$ : 围岩与煤层的剪切模量。

表2 10506工作面围岩与煤层参数表

物性 岩性	纵波速度(m/s)	横波速度(m/s)	密度(kg/m <sup>3</sup> )
围岩	3800	1800	2200
煤层	1800	1100	1300

计算出煤厚3.2m的埃里相在200~400Hz附近, 槽波大部分能量分布均集中在埃里相附近, 槽波速度集中在950m/s附近(图2)。

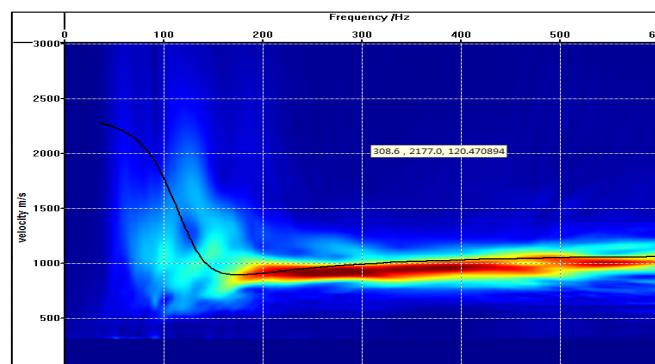


图2 S28单炮槽波频散曲线分析

## 3 成果分析

反射槽波成像采用绕射波成像算法。由于槽波仅在煤层中传播, 因此槽波的绕射偏移成像一般在煤层所近似的平面内完成。设 $(x, y)$ 为平面内一点, 则该点上的叠加振幅为

$$P(x, y) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M A(t_{ij}) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M A \left( \frac{r_{ij}}{v_g} \right) \quad (2)$$

$$r_{ij} = \left( (x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 \right)^{\frac{1}{2}} + \left( (x_j - x)^2 + (y_j - y)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

其中N为总炮数, M为检波器数,  $A(t_{ij})$ 是第i个炮集中第j道信号在 $t_{ij}$ 时刻的瞬时振幅,  $v_g$ 是槽波群速度。 $r_{ij}$ 是 $P(x, y)$ 点到第i个震源点和第j个接收点的距离的和。

反射槽波法主要利用在煤层中传播的槽波遭遇构造后产生的反射槽波来勘探槽波传播前方异常构造的发育情况。激发点在巷道侧帮激发,产生槽波后将沿煤层传播,当在传播路径上遇到断层等具有波阻差异的地质异常体时,一部分槽波会发生反射,从而被与震源在同一侧巷道内的检波器接收到<sup>[1-3]</sup>。目前反射槽波CDM成像方法基于绕射波偏移理论,并以绕射偏移法为主,精度较高。由于槽波仅在煤层中传播,因此槽波的绕射偏移成像一般在煤层所近似的平面内完成。

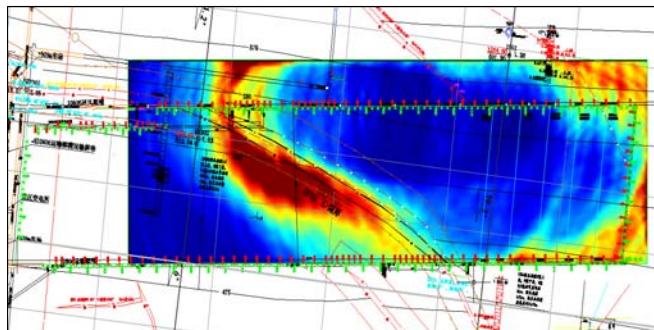


图3 10506工作面风巷反射槽波CDM成像图

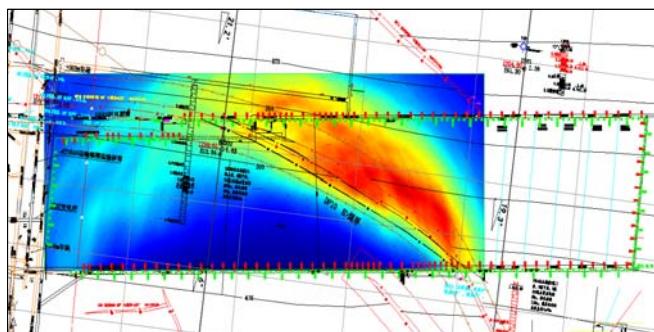


图4 10506工作面机巷反射槽波CDM成像图

反射槽波成像结果中,红蓝色分界线对应着反射面。图3、图4分别为10506工作面风巷、机巷反射槽波CDM成像结果,从图中可以看到,反射界面比较明显,成像质量较高,表明有落差接

近或大于煤厚断层或者其他地质异常的存在。

#### 4 结论

(1)本次探测设计出了一套有效的反射槽波勘探方案。在资料采集、数据处理和资料解释等诸环节都提出了有针对性的技术措施和方法,现场采集的数据质量较好,后期处理成果图件中异常体的异常特征清晰。其勘探成果与实际巷道揭露情况吻合度较高,反射槽波勘探在该矿区取得了一定的突破。

(2)对10506回采工作面采用反射槽波方法对工作面内部构造发育情况进行探测,共探查出一个构造异常区,根据两巷的反射处理成果图,对DF10断层平面位置重新确定,查明了工作面内影响生产的构造异常体,收到了较好的经济技术效果。

#### 参考文献

- [1]王季.反射槽波探测采空巷道的实验与方法[J].煤炭学报,2015,40(8):1879-1885.
- [2]王季,叶红星,张广忠,等.煤矿反射槽波探测技术研究评述[J].煤田地质与勘探,2023,51(2):9.
- [3]张强,李刚,雍自春.反射槽波探测技术在红柳煤矿断层探查中的研究与应用[J].煤炭工程,2017,49(F08):4.
- [4]苏晓云.厚煤层内小断层的反射槽波探测技术及应用[J].煤田地质与勘探,2022,50(1):6.
- [5]杜少鹏.透射槽波技术在煤矿隐伏构造探测中的应用研究[D].西安科技大学,2024.
- [6]杨小慧,李德春,于鹏飞.煤层中瑞利型导波的能量分布[J].煤田地质与勘探,2011,39(4):3.
- [7]王文德,赵炯.槽波反射法探测效果的影响因素及改进措施[J].煤田地质与勘探,1997,25(1):4.
- [8]皮娇龙,滕吉文,杨辉,等.地震槽波动力学特征物理-数学模拟及应用进展[J].地球物理学进展,2013,(2):17.
- [9]胡国泽,滕吉文,皮娇龙.井下槽波地震勘探——预防煤矿灾害的一种地球物理方法[J].地球物理学进展,2013,(1):13.
- [10]乐勇,王伟,申青春,等.槽波地震勘探技术在工作面小构造探测中的应用[J].煤田地质与勘探,2013,41(4):4.