

试验研究

基于三维地震和矿井槽波资料的工作面构造综合解释

蔡文芮

(中煤科工集团西安研究院有限公司,陕西 西安 710077)

摘要:为提高工作面回采前对地质构造的控制精度,提出将地面三维地震资料与矿井槽波资料相结合的解釋思路。利用地面三维地震数据,初步建立空间构造展布格局,通过对槽波资料的高精度解译,获得较小规模的断层等构造的发育情况,实现对工作面构造从大到小的逐级分析、解释。结果表明,通过综合分析三维地震资料和井下槽波资料,能够大大提高构造探测精度,可达到探测落差大于1/2煤厚的技术要求,为煤矿安全高效开采提供了详实的地质资料保障。

关键词:三维地震;透射槽波;反射槽波;工作面;断层

中图分类号:TD163.1;TD822

文献标志码:A

文章编号:1671-749X(2022)04-0001-04



Comprehensive interpretation of working face structure based on 3D seismic and mine slot wave data

CAI Wenrui

(Xi'an Research Institute Co., Ltd., China Coal Technology and Engineering Group Corp., Xi'an 710077, China)

Abstract: In order to improve the control accuracy of the geological structure before the mining of working face, an interpretation idea combining the ground 3D seismic data with the mine slot wave data is proposed. Using the ground 3D seismic data, the spatial structure distribution pattern was preliminarily established. Through the high-precision interpretation of the slot wave data, the development of small-scale faults and other structures was obtained, and it realizes the step-by-step analysis and interpretation of the working face structure from large to small. The results show that the comprehensive analysis of 3D seismic data and mine slot wave data can greatly improve the structural detection accuracy, and it can meet the technical requirements of detecting fault drop greater than 1/2 coal thickness, and provide detailed geological data guarantee for the safe and efficient mining of coal mines.

Key words: 3D seismic; transmission slot wave; reflection slot wave; working face; fault

0 引言

煤矿安全高效开采对地质勘探的精度要求越来越高。随着采区勘探工作的不断实践,三维地震勘探已成为地面构造探测的首选技术,主要用以探测断层、陷落柱、褶曲、采空区、煤厚变化等地质构造,但受该方法技术水平的限制,对于落差5 m以下的小断层解释可靠性不足,且存在平面位置的摆动,难以满足采矿生产的需要。三维地震资料二次精细处

理解释技术弥补了勘探时段与矿井生产采掘信息相脱节的不足,把矿井新采掘的地质信息加以利用,采用更符合地质规律的参数对原资料进行处理解释,提高了资料成果的可靠性及精度,但仍不满足矿井工作面回采对地质构造精度的要求^[1-3]。矿井槽波地震勘探技术是利用在煤层中激发和接收槽波,探查煤层不连续性的一种地球物理方法。该方法不受井下电磁环境的干扰,具有探测距离远、精度高的特点,且槽波能量团具有强振幅、波形特征易于识别、探测结果直观,在探测煤层内部异常构造问题上具有独特优势。槽波勘探方法分为透射法槽波探测和反射法槽波探测。姬广忠等^[4]利用透射槽波衰减

收稿日期:2021-12-06

作者简介:蔡文芮(1984—),女,陕西延安人,硕士,助理研究员,现从事煤田采区三维地震勘探资料处理与解释方面的研究。

系数成像法对隐伏断层、陷落柱进行了探测,取得了良好效果。杨辉^[5]、吕华新等^[6]在传统透射槽波 CT 成像算法基础上,提出以槽波传播距离为约束条件的成像方式,增强了构造因素在成像中的作用,提高了成像质量。王季^[7]采用反射槽波法探测了采空巷道。姬广忠^[8]采用绕射偏移算法对异常构造进行偏移归位。王一^[9]、杨辉^[10]利用反射槽波有效探测了工作面内隐伏断层的发育情况。均取得了良好的地质效果。

为此,首先开展基于三维地震数据的工作面构造精细解释,掌握工作面构造空间展布特点,利用透射槽波、反射槽波的高精度成像结果,结合三维地震、地质规律等工作面构造进行综合解释,以期对工作面安全回采提供可靠的地质保障。

1 工程概况

新疆俄霍布拉克煤矿位于新疆维吾尔自治区库车县境内,矿区所属井田位于库车山前凹陷地带,捷斯德里克复式背斜的倾伏端,为一走向近 EW,倾向 S 的缓波状单斜构造。浅部地层倾角较陡达 39°,中部地层倾角 6°~8°,深部地层倾角 10°。该矿井含煤地层为侏罗系下统塔里奇克组(J₁t),含煤建造的特征为一套多旋回陆相地层。岩性一般多为各种粒度的砂岩、石英砂岩、粉砂岩、泥岩、炭质泥岩及煤层所组成,为河床、湖泊、泥炭沼泽相沉积。受沉积环境影响,矿井内含煤层数达 15 层之多,自上而下分别为:下₁、下₂、下₃₋₁、下₃₋₂、下₄、下₅、下₆、下₇₋₁、下₇₋₂、下₇₋₃、下₈、下₉、下₁₀、下₁₁、下₁₂、下₁₃,各煤层厚度及层间距变化较大,煤层间距平均值分别为 5.53 m、11.72 m、7.58 m、13.56 m、18.92 m、18.19 m、4.46 m、5.4 m、3.83 m、10.87 m、69.97 m、8.36 m、10.2 m、5.72 m、67.24 m。主采煤层为下₁、下₅、下₇₋₂和下₈煤层,煤层间距平均值分别为:57.31 m、28.05 m、14.7 m。受地面三维地震资料主频的限制,加之煤层厚度及间距的变化,这种薄互煤层在地震时间剖面上会形成复合反射波,反射波层位是各煤层综合反映的结果,并不是单一煤层的底板形成的反射波。

该矿井对井田西翼接续工作面曾进行过地面三维地震勘探,有效控制面积 2.7 km²,主要覆盖接续的 1408 和 1410 工作面。三维地震勘探范围、构造解释成果及与工作面相对位置关系图,如图 1 所示。可以看出,三维地震勘探成果发现的主要构造均位于 1410 工作面内部,主要断层有 DF7 逆断层、DF8 正断层、DF1 正断层、DF2 逆断层。DF7 逆断层,断距 0~16 m;DF8 正断层,断距 0~15 m;DF1 正断

层,断距 0~25 m;DF2 逆断层,断距 0~27 m。这些断层的存在将对工作面回采造成严重影响。

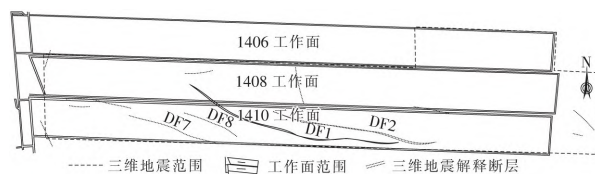


图 1 三维地震勘探范围与工作面相对关系

Fig. 1 Relative relationship between 3D seismic exploration range and working face

2 三维地震精细解释

随着矿井井巷工程的不断开拓,不断获取了新的矿井地质信息,通过将三维地震信息与矿井地质信息相互融合,改善以往资料处理解释中的不合理参数,提高成像质量,不仅可以对构造的可靠性进行分析判断,而且能够对矿井井巷开拓进行指导。1410 工作面两顺槽及切眼贯通后,依据两顺槽新揭露的断层等构造信息(新揭露断层点 7 个,断距 0.1~1.7 m),对工作面可能存在的三维地震解释的较大断裂构造进行动态分析。在三维地震时间剖面上,由于本工区煤层层数较多,层间距较小,地震反射波反映的是薄互层的反射特点,往往需要根据地震波组特征对断层进行解释,图 2(a)为 DF1 和 DF2 断层在地震时间剖面上的反映,图 2(b)为 DF7 和 DF8 断层在地震时间剖面上的反映,根据井下实际揭露情况,认为巷道实际揭露的小断点不是这几条断层的反映。由于该工作面煤层向南倾伏,因此不能完全排除这 4 条断层不存在,对原 DF1 断层的延展长度和煤层底板起伏形态进行了修订。

3 槽波地震勘探

1410 工作面开采下₁煤层,煤层厚度为 3.3~4.1 m,厚度稳定,在工作面贯通之后,针对工作面内三维地震解释断层的重点区段,采用槽波探测技术对工作面内异常构造进行精细探测。槽波探测范围如图 2(c)蓝色线框所示,采用全息采集方式,即将接收器布置在两巷道的采煤侧,分别逐个激发人工震源,同时获取透射槽波数据和单巷道反射槽波数据。图 3(a)为 S60 激发点槽波射线路径示意图,图 3(b)为 S60 激发点槽波记录。从图 3(b)看出,透射槽波信号强、连续性好,说明在激发点和接收排列形成的扇形区域内,无大于 1/2 煤厚的异常构造。图 3(c)为透射槽波成像结果,蓝色表示槽波能量正常穿透区,构造相对简单;红黄色表示槽波能量低穿

透区,有较大的构造存在。从图3(c)看出,槽波探测区内无较大的构造存在,即工作面内不存在落差大于1/2煤厚的断层。同时,通过对每一激发点槽波的穿透性进行逐一分析,槽波均能有效穿透工作面,也可对此结论进行佐证。

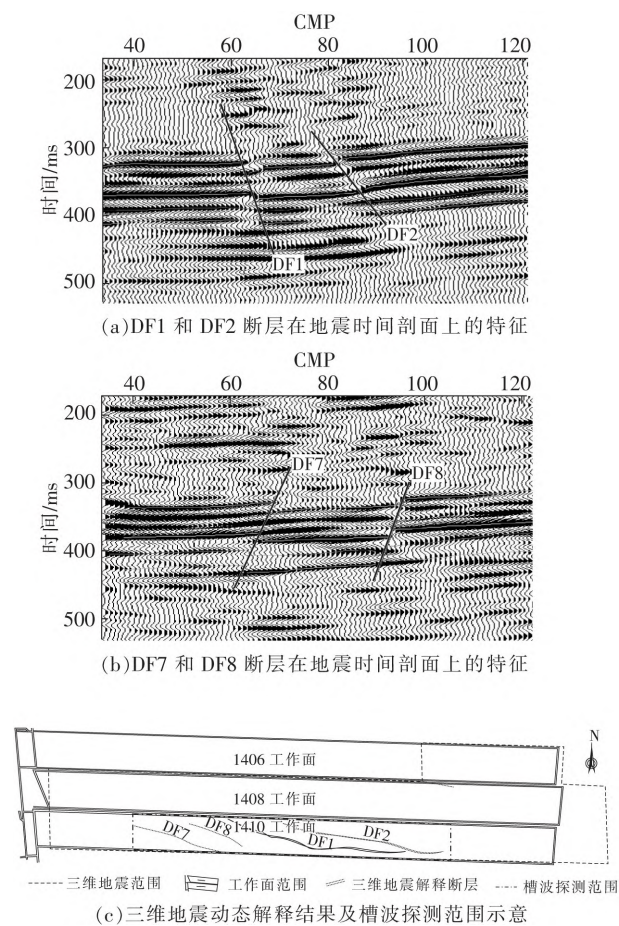


图2 三维地震动态解释结果及槽波探测范围示意

Fig. 2 The dynamic interpretation results of 3D seismic and the detection range of slot wave

在利用透射槽波资料对工作面构造进行分析后,对同一巷道内采集的反射槽波进行分析、处理,

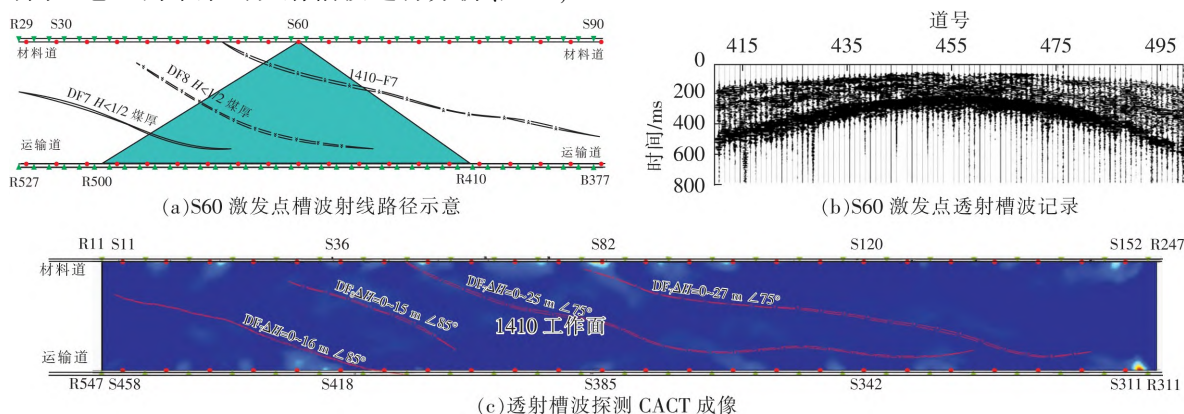


图3 1410工作面透射槽波解释结果

Fig. 3 Interpretation result of transmission slot wave in 1410 working face

工作面内存在明显的反射槽波异常。图4(a)为上巷反射槽波成像结果,图4(b)为下巷反射槽波成像结果。可见,工作面内部存在明显的条带状异常,且对面巷道空腔也形成了明显的巷道反射异常。

根据透射、反射槽波探测资料,工作面内部共解释断层5条,初步确定了断层在工作面内的断距和延展长度,但槽波探测无法确定断层的性质,即断层的上下盘。

4 综合解释

槽波勘探结果与地面三维地震成果,存在一定的差异。其关键在于较大断层的存在与否,即 DF1、DF2 断层存在的可能性问题。工作面上下两巷道形成后,通过对煤质、煤层的对比分析,均为同一煤层。透射槽波资料说明在探测区域内煤层连续性好,不存在落差大于1/2煤厚的断层,即否定了 DF2 断层的存在。对于三维地震解释的 DF1 断层,平面位置发生了摆动,且断距没有原解释成果中的断距大,而应修正为小于1/2煤厚。对于其他几条断层,解释了断层的性质和落差,均为正断层,落差小于2 m。反射槽波资料解释的另外几条断层,结合三维地震时间剖面特征,确定了断层性质,弥补了槽波探测方法无法判断断层性质的不足。图5为井地资料联合解释结果与原三维地震解释的对比图。可以看出,通过综合分析解释,槽波探测区域内共解释断层5条,既否定了原三维地震解释的 DF2 断层,又对其他几条断层进行了定量解释,对其平面位置和延展长度也进行了有效控制。可见,将地面三维地震资料和井下槽波资料相结合,可以达到对目标体从空间上由大到小、由粗到细进行分析解释,既发挥了地面三维地震资料的空间立体特性,又利用了井下槽波资料高精度的特点,对存在的构造进行定量解释,大大提高了解释的精度。

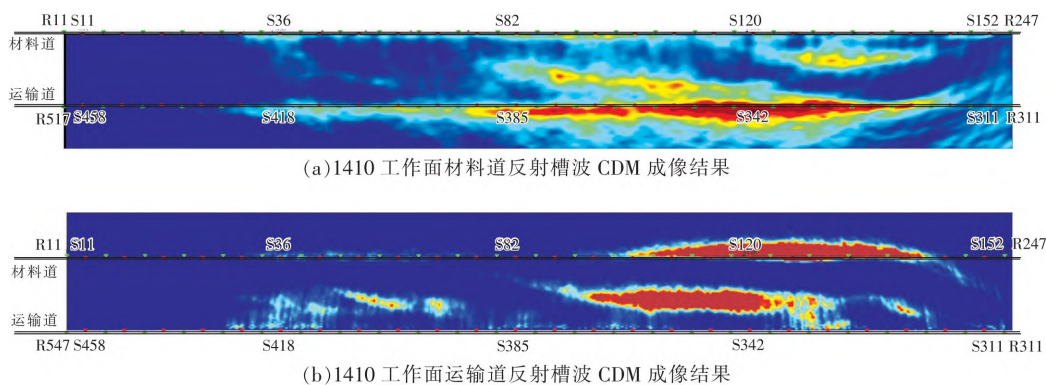


图4 1410工作面反射槽波解释结果

Fig. 4 Interpretation result of reflection slot wave in 1410 working face

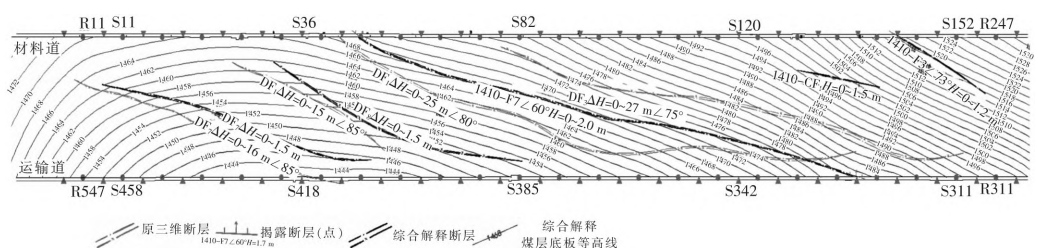


图5 目标区井地资料联合解释成果

Fig. 5 Joint interpretation results of mine-ground data in the target area

5 结论

(1)将地面三维地震和矿井槽波数据相结合,通过综合分析,能够实现对工作面构造由粗到细、由大到小、从宏观到微观的精细探测。

(2)通过地面三维地震和矿井槽波成果相结合,能够发挥各自技术优势,可对异常构造进行定性和定量解释,减少物探结果的多解性。

(3)通过地面三维地震和矿井槽波成果相结合,有利于从宏观角度对构造的空间展布进行分析,提前做出采煤规划,从而减少开采成本。

参考文献:

- [1] 程建远,赵伟,曹丁涛,等. 煤矿采区三维地震探采对比效果的分析与思考[J]. 中国煤炭地质, 2010,22(8):67-72,82.
- [2] 杨辉. 煤田三维地震资料体解释方法与应用[J]. 中州煤炭, 2016,38(11):160-163,168.
- [3] 刘天放,潘冬明,李德春,等. 槽波地震勘探[M].

徐州:中国矿业大学出版社,1994.

- [4] 姬广忠,杨建华,张广学,等. 槽波振幅衰减系数CT成像技术应用[J]. 中国煤炭地质, 2015,27(9):75-78.
- [5] 杨辉. 薄煤层透射槽波探测技术及应用[J]. 煤田地质与勘探, 2020,48(3):176-181,187.
- [6] 吕华新,崔伟雄,伏正清,等. 采煤工作面槽波相对透射系数层析成像技术[J]. 煤田地质与勘探, 2017,45(3):147-150.
- [7] 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.
- [8] 姬广忠. 反射槽波绕射偏移成像及应用[J]. 煤田地质与勘探, 2017,45(1):121-124.
- [9] 王一. 矿井反射槽波包络叠加成像方法及其应用[J]. 煤田地质与勘探, 2017,45(5):152-154,160.
- [10] 杨辉. 反射槽波在阳煤和顺矿区小构造探查中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2018,46(S1):37-40,45.