

文章编号:1001-1986(2005)03-0064-03

陷落柱的地震识别技术及其应用

宁建宏,张广忠 (煤炭科学研究总院西安分院,陕西 西安 710054)

摘要:通过地震资料解释的研究与实践,对华北石炭二叠系中陷落柱的地震识别技术及其应用情况,进行了较系统的分析和总结。这对今后正确分辨和圈定陷落柱具有一定指导意义。地震剖面、水平时间切片和沿层振幅切片、相干体技术、波阻抗反演技术等,在对陷落柱的发育部位及其空间关系的解释方面,各有其独特效果。山西某矿陷落柱相当发育,利用陷落柱的综合地震识别技术进行解释,效果明显。

关键词:陷落柱;三维地震勘探;识别;相干体

中图分类号:P631.44 **文献标识码:**A

Seismic identification technique and its application of collapse column

NING Jian-hong, ZHANG Guang-zhong (Xi'an Branch, CCRI, Xi'an 710054, China)

Abstract: This paper analyzes and summarizes the identification technique and its application of the seismic exploration of collapse column in Carbon-Permian strata, northern China, using the interpretation and practice of seismic data. It has guiding significance to distinguish and delimit collapse column section. Seismic section, horizontal time section, amplitude horizontal slice, acoustic impedance inversion and coherence cube technology etc. have their individual special result in locating collapse column and their spatial relationships. A coal mine in Shanxi has numerous collapse columns, the use of seismic identification technique has achieved distinct results.

Key words: collapse column; 3D seismic exploration; identification; coherence bodies

1 引言

陷落柱这种特殊地质现象的存在,不仅破坏煤

层的连续性,减少可采储量,影响巷道的掘进和煤层的开采,而且有可能成为特殊的导水通道。陷落柱是特殊的地质体,其反射波的运动学特征和动力学

收稿日期:2004-10-21

作者简介:宁建宏(1966—),男,山西稷山人,煤科总院西安分院高级工程师,从事资源与环境研究。

所以立井井壁的摩擦力分布规律应如图2所示^[8],其中D层面之上的摩擦力呈近似线性分布。按照这一力学模型,负向滑动摩擦力的范围与下含水层水头的位置相互对应。由于下含水层水头的下降呈现出一定的规律性,因此负向滑动摩擦力的数值必呈现出规律性的增长,井筒危险点处的竖向应力在每年夏季,同时也按一定的规律较上年夏季同步地增加。当增加到极限数值,井壁的破裂则不可避免。从这一角度出发,井壁的破裂完全具有可预测性。其预测方法将在另文中详述。

5 结语

a. 文章通过分析认为,立井井筒周围存在有“相对非压缩”土体部分。这一结果对正确建立立井井筒的力学模型,并在此基础上进一步研究井壁破裂的位置及时间具有重要意义。

b. 分析了表土沉降与立井井壁破裂特征之间的关系,对正确确定卸压槽位置,研究防破裂井壁结构和防破裂措施有重要的参考作用。

c. 文中所提及的“非压缩土体”和“非压缩区域”是相对于相应部位的井壁而言的。由于受井壁下部的塑性变形以及周围原状土体疏水沉降等因素的影响,井筒周围的下含水层部分势必会发生一定程度的牵制沉降,但该沉降量小于相应部位的井壁压缩量。

参考文献

- [1] 琚宜文,刘宏伟,王桂梁等.卸压套壁法加固井壁的力学机理与工程应用[J].岩石力学与工程学报,2003,22(5):773-777.
- [2] 葛晓光.地面与破壁注浆治理井壁破裂灾害的工程分析[J].煤炭学报,2002,27(1):41-44.
- [3] 李文平.深部土层失水变形时土与井壁相互作用试验与理论研究[J].岩土工程学报,2000,22(4):475-480.
- [4] 毕思文.徐淮地区煤矿竖井变形破坏机理及防治对策的研究[J].建井技术,1996,17(3):26-29.
- [5] 毕思文.徐淮地区煤矿竖井变形破坏特征与机理探讨[J].建井技术,1997,18(3):37-39.
- [6] 陈仲颐,周景星,王洪瑾.土力学[M].北京:清华大学出版社,2001.
- [7] 许廷春,耿得庸,官云章,徐法奎.深厚含水松散层的工程特性及其在矿区的应用[M].北京:煤炭工业出版社,2003.
- [8] 谢洪彬.童亭矿副井、风井井壁变形治理效果比较与问题探讨[J].矿山测量,1998,(2):39-41.



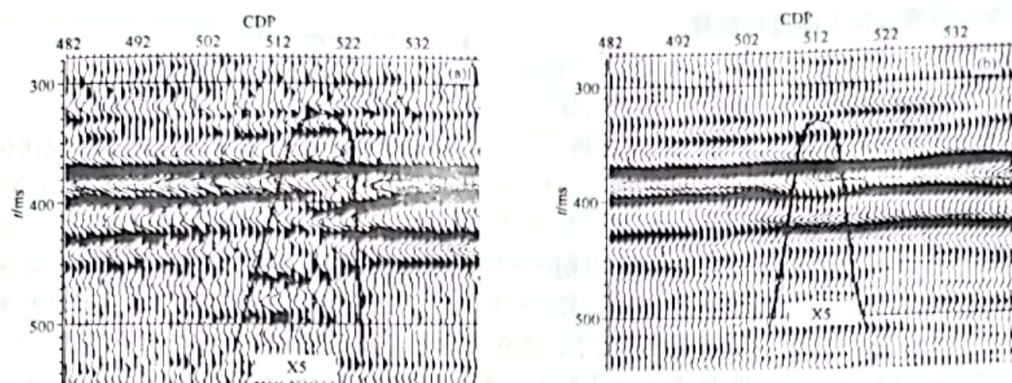


图1 陷落柱在地震剖面上的反映

Fig.1 Reflection of the collapse column in seismic section

特征与围岩相比差异较大。所以,近年来三维地震勘探已成为陷落柱探测的首选方法。本文根据山西、河北、江苏、山东等地地震探测陷落柱的经验,结合井下巷探和开采验证情况,归纳和总结出不同陷落柱的地震识别方法。

2 陷落柱的地震识别技术方法

陷落柱具有一系列独特的特征,易与构造变动相区别。柱状陷落均由上覆的岩、煤碎块充填而成。这些充填物大小不一,棱角明显,形状不规则,分布杂乱无章,并为粘土充填胶结;陷落柱与围岩的接触面界线分明,多呈锯齿状折线($60^{\circ} \sim 80^{\circ}$),常被红色铁质沉积物以及钙质或高岭石沉积物等充填。陷落柱一般呈上小下大的柱状体,但在含水较多较松散的岩层中,则见有上大下小的漏斗状陷落柱。陷落柱的发育受构造和水文地质条件控制,常沿构造线排布,时常在两组断裂交会处发育,在平面上具有带状分布的特点。所以,在识别陷落柱的过程中,首先要充分了解研究区的区域地质情况和地震地质条件,考虑不同情况下可能引起反映的差异,继而寻找识别陷落柱的特殊技术方法。

2.1 陷落柱地震剖面识别特征

a. 标准反射波在小范围内突然中断并消失,这是陷落柱在地震时间剖面上的最基本特征。实际资料证明,这种特征多见于地形平坦地区规模较大的陷落柱^[1],但在陷落柱发育的山西这种特征则很少见,甚至包括大的陷落柱(图1)。分析其原因,这与陷落柱内部的成陷时间、充填物质等因素有关。

b. 标准反射波同相轴中断,代之以断续的弱反射同相轴(图1a);

c. 标准反射波中断,中断波仍与标准反射波相似(图1b);

d. 在断陷外侧一定范围内,反射波同相轴有

不同程度的弯曲或向陷落柱中心倾斜的现象,常伴有小断层出现;

e. 反射波动力学特征突变,如:振幅突然减弱,波形变化无规律,频率明显变低,出现高频干扰,相位不连续等,经过一段距离后,又恢复正常;

f. 异常波的出现。异常波包括绕射波和侧面波等。当陷落柱的其他特征没有出现或不明显时,异常波对判断陷落柱就显得非常重要^[2],并且延迟绕射波是陷落柱的特有标志。

在识别陷落柱之后,圈定其位置和大小关键是正确解释陷落点。陷落点是指在地震时间剖面上陷落层与正常赋存地层的分界点。在地震时间剖面上,解释陷落点的主要依据和断层无明显差别,不同的是陷落柱在平面上形成圈闭。

值得注意的是,在陷落柱的解释中,叠加数据体与偏移数据体解释的结合至关重要,虽然偏移剖面横向分辨率提高,可使地下反射点真实归位,但同时也使一些解释陷落柱的标志消失,如绕射波的收敛。叠加数据体解释和偏移数据体解释相结合,能更好地解释陷落柱,同时,也能排除一些由于地形影响所造成的假象。在工期比较紧的情况下,叠加数据体的解释往往容易被忽视。

2.2 水平时间切片和沿层振幅切片识别陷落柱

陷落柱在水平时间切片上表现为有规律地出现环形异常;在主要目的层的反射波振幅切片上,表现为反射能量明显减弱的圆形,明显反映出地震反射波能量的变化。

2.3 相干体技术

在三维相干数据体沿层切片上,陷落柱表现为圆或椭圆环状的不相干区域。在使用相干体技术时,要注意以下几方面的问题:

a. 使用相干体技术时,要对地震资料进行整体评估,只有信噪比高的资料才能得出可信的成果,



信噪比差的资料很难对相干体进行解释。

b. 不相干数据异常不一定是断层和陷落柱,也可能是其他地质现象或施工条件等因素所致,所以在解释时,要结合其他方法进行具体分析,不要一概而论。

c. 相干数据体不是对所有的断层和陷落柱等地质异常都能识别,如:当垂直落差在1个视周期(或它的整数倍)时或呈现相位转换特征时,地质异常体在相干体中没有反映。这是因为这种情况下,反射剖面上波峰连波峰,相干系数极大,显示不出非相似性^[3]。

2.4 速度分析及波阻抗反演技术

一般来讲,与其围岩相比,陷落柱内部地层较新、密度较低、孔隙度较大,因而波速也较低。在GLOG剖面(拟层速度剖面)上,层状连续的速度被破坏,代之以片状模糊的速度图景,代表陷落柱反映的低速镶嵌在高速背景之上^[4]。另外,由于陷落柱与其围岩相比,多具有波阻抗值较低的特点,所以,在波阻抗反演剖面上可以识别陷落柱的纵横向分布情况。在陷落柱不太发育地区,不能区分是否为陷落柱还是其他异常体时,该方法往往比较有效。

2.5 综合地球物理方法与可视化显示技术

无线电坑透、槽波地震、地质雷达等井下物探方法对陷落柱进行探测的效果也较好,这些方法往往在回采工作面巷道或切眼沟通后才能实施。

此外,还可以从实际地震资料出发,利用三维可视化显示技术及地震属性特征分析法等,直观地显示不同煤层中陷落柱的空间赋存情况,进一步增强资料解释的整体判断能力,提高对陷落柱判断的准确性。

3 山西某矿应用实例

3.1 测区概况

山西某煤矿是正在建设的大型现代化矿井。在井巷掘进过程中,陆续发现陷落柱30余个,对矿井的开拓部署带来很大影响,因此,决定开展三维地震勘探,进一步查明矿井二采区前期开采部分的断层和陷落柱赋存情况,为下一步开拓和生产提供地质保障。

测区属构造剥蚀中低山区地貌,地形相对高差360 m,植被发育;区内大部分地区为基岩裸露区,山顶及冲沟等局部地段有第四系松散层覆盖,厚度约为0.5~10 m。基岩出露区岩石较硬,地形较陡。含煤地层为上石炭统太原组和下二叠统山西组,主要可采煤层为3煤和15煤(皆为本次三维地震勘探的主要目的层),埋深在400~800 m之间。测区为一单斜构造,地层倾角4~10°,勘探前断层稀少。

3.2 应用效果

针对区内地表施工条件非常复杂、面波干扰大等特点,在三维地震资料采集过程中,使用了严格的施工方法和8线10炮制观测系统,优选各项采集参数,获得了品质优良的原始资料;根据本区的特点,选用了正确的处理流程,对全三维的静校正、剩余校正、地表一致性反褶积、去噪、精确的速度分析和偏移处理等关键环节,进行了反复测试,获得了高信噪比的三维数据体;解释中,坚持叠加数据体解释和偏移数据体解释相结合,以垂直剖面解释与水平切片解释相结合为主,配以动态显示、三维地震属性分析技术和相干体技术,对陷落柱等地质构造进行了细致的综合解释。全区共组合陷落柱28个,新发现

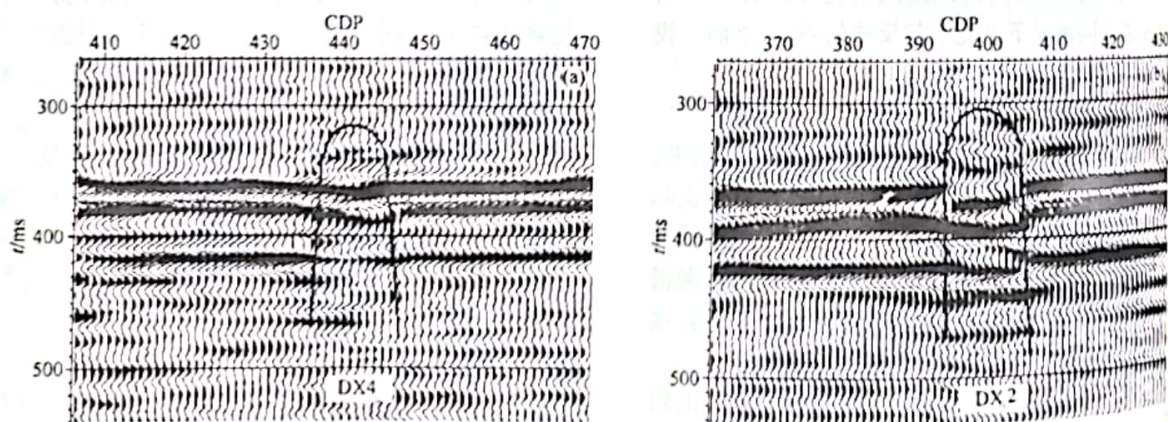


图2 验证陷落柱在叠加和偏移剖面上的反映

Fig.2 Reflection of the known collapse column in the stacked and offset sections

a——叠加时间剖面;b——偏移时间剖面



文章编号: 1001-1986(2005) 03-0067-05

利用地震瞬时谱属性进行薄互层分析

高静怀¹, 陈 凤¹, 陈树民²

(1. 西安交通大学电子与信息工程学院波动与信息研究所, 陕西 西安 710049;

2. 大庆石油有限责任公司勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

摘要: 利用地震瞬时谱的属性(包括瞬时振幅、瞬时频率、瞬时带宽、瞬时主频及瞬时品质因数等)进行地震薄互层分析。设计了几组典型模型, 用褶积模型制作合成地震记录, 然后分别计算它们的瞬时谱属性。结果表明: 不同的薄互层模型, 尽管在时间域的合成记录几乎相同, 但它们的某些瞬时属性却有明显的差别; 多种瞬时属性可用于全面刻画薄层及薄互层。文中给出了实际资料算例, 证明了其有效性。

关键词: 瞬时谱属性; 薄互层分析; 地震资料处理

中图分类号: P631.44 **文献标识码:** A

Using seismic instantaneous attributes to analyze thin interbeds

GAO Jing-huai¹, CHEN Feng¹, CHEN Shu-min²

(1. Institute of Wave and Information, School of Electronic and Information Engineering, Xian Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 2. Institute of Exploration and Exploitation for Oil, Daqing Oil Field Limited Company, Daqing 163712, China)

Abstract Instantaneous attributes including amplitude, instantaneous frequency, bandwidth, dominant frequency and decay rate are used to analyze thin interbeds. Several typical models were designed to get their seismic synthetic data and their instantaneous attributes were extracted individually. The results show that the synthetic seismic data were almost same to each other in the time domain. However, some of their instantaneous attributes may have obviously difference. As a result, multi-instantaneous attributes can be used to characterize the thin-layers and thin interbeds. Finally, a case study is presented in this paper, confirming their efficiency.

Key words: instantaneous attributes; thin interbeds analysis; seismic data processing

收稿日期: 2004-05-31

作者简介: 高静怀(1960—), 男, 陕西乾县人, 西安交通大学电子与信息工程学院教授, 博士生导师, 从事地震波传播、多维信息处理等研究。

25 个; 同时陷落 3 煤层和 15 煤层的陷落柱 25 个, 只陷落 15 煤层的 3 个。根据陷落柱长轴大小分类: 3 煤层中长轴大于等于 100 m 的陷落柱有 10 个, 小于 100 m 且大于等于 50 m 的有 9 个, 小于 50 m 的有 6 个; 15 煤层中陷落柱大于长轴等于 100 m 的有 13 个, 小于 100 m 且大于等于 50 m 的有 14 个, 小于 50 m 的有 1 个。同时还新发现断层 24 条, 并在西北部发现一个面积约 1 km² 的 15 煤层煤厚变薄带。

3.3 验证情况

在地震资料处理的后期, 煤矿集中回风巷揭露一 50 m 左右的陷落柱(编号 X5), 该陷落柱地震识别标志明显(图 2), 且大小和位置吻合很好。另外, 在地震资料镶边区的两个已知陷落柱也有明显的反映。

4 结论

陷落柱已成为目前煤矿采区三维地震勘探的主

要目标。对陷落柱的地震识别是一项综合性技术, 只有进行多角度多方位的分析和研究, 才能减少多解性, 提高分辨率和预测的准确率。原始资料的质量和资料处理方法都会对陷落柱的识别和解释产生决定性的影响。所以, 在这两个阶段必须开展有针对性的工作, 为解释工作打好基础。三维地震勘探作为一种间接的手段, 必须与钻探、巷探和地质分析相结合, 并不断总结经验和教训, 才能提高勘探精度。

参考文献

- [1] 刘文宝, 王根盛, 张统俊. 三维地震勘探在葛亭煤矿的应用效果[J]. 中国煤炭地质总局. 煤矿采区三维地震勘探经验交流论文集. 2001.
- [2] 张同兴, 闫东育, 马建民, 朱伟厚, 高明玉. 煤层气分布浅析[J]. 断块油气田, 2003, 10(1): 22-24.
- [3] 邹才能, 张颖等. 油气勘探开发实用地震勘探新技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.
- [4] 杨德义, 彭苏萍, 常锁亮, 杨双安. 特殊剖面在陷落柱研究中的应用[J]. 煤田地质与勘探, 2002, 30(6): 47-49.
- [5] 王怀洪, 王秀东, 崔若飞. 山东煤矿采区物探综合方法研究[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社 2003