

波阻抗反演技术在地震勘探煤层解释中的运用

Application of Wave Impedance Inversion Technique in Coal Seam Interpretation of Seismic Exploration

陈德元^{1,2}

Deyuan Chen^{1,2}

1.国家现代地质勘查工程技术研究中心

中国·河北 廊坊 065000;

2.中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所

中国·河北 廊坊 065000

1. National Center for Modern Geological Exploration Engineering Technology, Langfang, Hebei, 065000, China;

2. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences,

Langfang, Hebei, 065000, China

项目基金:中国地质调查局地调项目:松辽盆地中南部地球物理调查(DD20190030);中国地质科学院基本科研业务费项目:银额及松辽外围盆地上古生界油气地球物理勘探技术研究(JYYWF20180902)。

【摘要】以新疆吐哈煤田大南湖矿区为例,研究波阻抗反演技术在三维地震勘探煤层解释中的应用,介绍了新疆哈密市的东二B井田矿区的煤层分布特征等基本情况。设置观测系统,运用408UL遥测多道数字地震仪设计采集系统,采用408UL遥测多道数字地震仪分析煤层反射波特征,得出各煤层反射波能量逐渐减弱;分析波阻抗反演方式的运用结果,能够直接反映地层结构物性,得到清晰的地层岩性分布信息以及分辨率更高的地层纵横向分辨率;将反射波形资料转化为波阻抗资料形式,提升了井间地震资料的分辨率,为波阻抗反演技术在复杂煤层及煤层结构解释层面的运用提供了指导意见。

【Abstract】Taking Dananhu mining area of Tuha coalfield in Xinjiang as an example, this paper studies the application of wave impedance inversion technology in coal seam interpretation of three-dimensional seismic exploration, and introduces the basic situation of coal seam distribution characteristics in east 2B mining area of Hami City, Xinjiang. Setting up observation system, using 408UL telemetry multi-channel digital seismograph to design acquisition system, using 408UL telemetry multi-channel digital seismograph to analyze the characteristics of coal seam reflection wave, it is concluded that the reflected wave energy of each coal seam is gradually weakening. Analyzing the application results of wave impedance inversion can directly reflect the physical properties of stratum structure and obtain clear information of stratum lithology distribution and higher resolution of stratum in both vertical and horizontal directions. The resolution of cross-well seismic data is improved by converting reflected waveform data into wave impedance data, which provides guidance for the application of wave impedance inversion technology in the interpretation of complex coal seam and coal seam structure.

【关键词】波阻抗反演技术;地震勘探煤层解释;纵横向分辨率

【Keywords】wave impedance inversion technique; coal seam interpretation of seismic exploration; vertical and horizontal resolution

【DOI】10.36012/se.v1i1.610

1 工程概况

本次研究选取中国新疆哈密市的东二B井田矿区进行研究,面积为13.07km²。矿田具有丰富的第四系煤层分布,石炭系、侏罗系、新近系及第四系为煤层分布层序。整体属于简单型的构造类型,不存在断层现象,呈现出波状褶曲形态。具有419.21m地层厚、95.81m总厚度以及32层煤层的中侏罗统西山窑组。编号中设置29层的煤层,其中具有68.40m厚度

的可采煤层,总共18层。达到18.56m的最厚厚度以及0.80m的最薄厚度,具有90m的煤层平均间距,地震勘探过程中主要勘探3号煤层、7号煤层、15号煤层、25号煤层。

2 采集相关数据

设置观测系统。采用10m×10m CDP间隔、20m×80m炮线网格、20m×40m检波点网格的束状8线8炮制观测系统。采用40m接收线距、384道接收道数、横向4次纵向6次的盖次

数、1.5s 记录长度、0.5ms 采样间隔、10m×10m CDP 网络的 8 线 8 炮制束状三维观测系统,运用 408UL 遥测多道数字地震仪。

设置采集系统。选用的仪器为 408UL 遥测多道数字地震仪,产自法国 SESERL 公司,是煤田三维勘探中的重要仪器,为提升反射波分辨率,设置了较宽的频带、较高的反射波主频,并采用了全频带接收方式以及 0.5ms 高采样率。运用 4 个 40Hz 检波器采用 2 串 2 并组合方式接收信号。为了提升激发能量利用率,设置 2.0kg 药量、8~24m 激发井深,运用沙漠戈壁专用钻机进行成孔作业。选用高速聚能炸药,促进其与高速激发岩性之间达到良好的耦合性能。在激发过程中要求有效提升穿透厚层覆盖层的能量,达到良好的激发能量效果^[1]。

反演技术运用过程中要求对收集到的技术数据进行去噪与提高分辨率处理,对原始的地震数据资料进行有效分析,综合采用强能量干扰压制与线性干扰压制等降低噪声处理方式,有效提升信噪比。在分辨率的提升方面则运用叠前统计子波反褶积、零相位反褶积、叠后蓝色滤波等技术方式^[2]。

收集各项测井资料,对其进行归一化处理,主要采用平衡校正处理方式,并剔除野值。对地震数据中的各地质层位采用精细化解释方式。对较为良好的地震时间剖面段资料进行子波提取,并结合数据分析的需要对其不断修改,一直得到较为稳定的子波的振幅频谱,直至得到较为稳定的子波,能够将其运用于数据资料的分析之中。对数据资料建立合成记录,通过对这一记录数据资料的分析,标定钻孔煤层层,使得地震剖面反射位置与地质界面之间能够有效对应^[3]。

对地质数据资料建立初始波阻抗模型,避免数据分析中出现反演结果多解性现象,模型建立过程中要求尽可能地与煤层的实际低层条件一致。这是测井约束反演技术运用过程中的重要步骤。初始波阻抗模型建立完成之后,对收集到的实际地震资料进行反演处理,通过数据分析得出波阻抗反演结果。这一波阻抗反演分析过程中综合运用了测井资料与地震资料,能够从横向上反映界面变化特征,同时,也对岩层的纵向变化特征进行了有效分析,在煤层识别中具有重要意义。

3 波阻抗反演

3.1 技术思路

本文研究地区具有较为稳定的煤层分布,具有多层煤层分布,其中,泥岩、页岩等互层分布。结合此煤层分布的具体情况,采用高分辨率拟波阻抗反演与波阻抗反演体综合的研究

方式,利用多种信息进行反演,可以就某一煤层提取内部属性,也可对单层煤层进行有效识别与解释,综合利用多种信息进行多种分析。本次案例研究中采用了有效煤层较敏感的 GGFR 曲线分析方式,收集大量信息构建具声波量纲的拟声波曲线,综合采用了平面综合分析、波阻抗反演技术与空间地质建模等多种研究方式,为煤层的分布情况建立数据分析依据。在煤层分布的预测分析中采用了信息融合技术与煤层识别技术,以此分析煤层的构造特性。

3.2 标定层位并进行子波反演

煤层预测过程中需要标定层位并进行子波反演,以此提升结果预测的精准性。要求首先标定地震反射波,并确定地震剖面上反射波同相轴。利用已经得到的数据资料以及已知钻孔,人工对数据进行分析,以此建立地震反射波与目的层之间的对应关系。

研究中 3 煤层反射波以 T3 波表示,7 煤层反射波以 T7 波表示,15 煤层反射波以 T15 波表示。将 T3 波、T7 波、T15 波通过数据进行有效对比解释。煤层变化与地层以反演拟波阻抗数据体表示,通过反演预测煤层对比数据可知具有良好的吻合性。合成记录标定煤层见图 1。

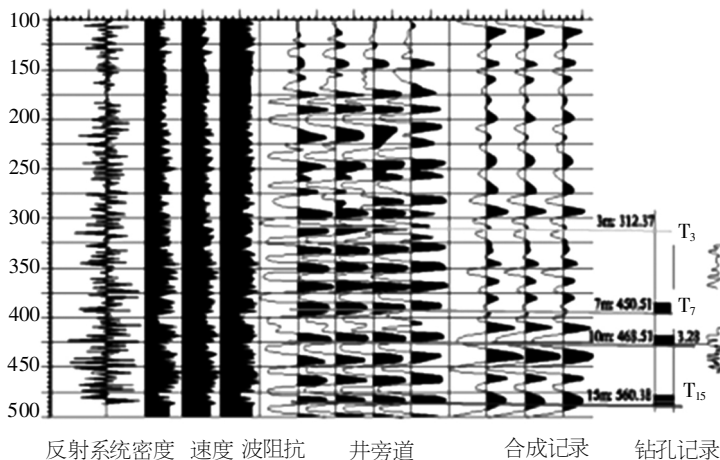


图 1 合成记录标定煤层

4 煤层反演结果分析

4.1 分析煤层反射波特征

进行煤层分叉合并及缺失解释,主要依靠的数据是煤层中的频率、振幅、反射波相位等相关数据。

地震时间剖面上各煤层反射波能量在某种条件下逐渐减弱最终没有同相轴,即形成了煤层缺失现象。

结合煤层反射波的理论,在煤层厚度低于 $\lambda/4$ 情况下,煤层反射波是由多种波构成的复合反射波,包括底板反射波与

煤层顶反射波。反射波振幅与煤层厚度之间呈正比,呈现为一种类似线性变化特征。在煤层厚度高于 $\lambda/4$ 情况下,底板反射波与顶板反射波独立进行,煤层反射波振幅有所降低,煤层反射波同相轴之间则开始分叉并合并,也影响了其对应的反射波振幅,在分叉到合并进行过程中,对应的振幅也逐渐变强,对应的反射波同相轴个数也随之发生相应的变化,波组数逐渐减少。

4.2 波阻抗反演方式对煤层的分析

目前,岩性地震勘探过程中经常采用的一种方式之一就是地震-测井联合反演技术,在对岩性分析过程中综合运用了地震波动力学特征与地震波运动学知识,综合各项数据建立了波阻抗值,能够对地层结构物性进行直接反映,突破了传统中间接反映的不足之处。分析 J40 线反演剖面图结构可知,能够得到更为清晰的地层岩性分布信息以及分辨率更高的地层纵横向分辨率。地震反演技术的运用在对地下地层的横向追踪对比方面运用效果显著,能够将反射波形资料升华为波阻抗资料形式,在对具体煤层对比中可知,3 煤层连续性较为有限,主要是由于煤层分布相对较薄弱,7、15 煤层具有较为稳定的整体分布性,与其厚度较大之间有着紧密联系。地震反射波在地层岩性研究层面运用效果显著,能够在很大程度上保持振幅的真实性。因此在对煤层结构定向以及较为复杂煤层的分析过程中可以运用反演剖面的研究数据。传统的地震研究资料能够反映出地质体界面特征,地震波阻抗对传统的地震研究资料具有显著的补充效果,对地质体密度与速度等信息能够充分体现。

可见在地震反演技术的运用之下,能够充分分析出勘探地形中的物性与岩性信息,提升了井间地震资料的分辨率,采用了岩层型测井资料的分析形式,加强了各项数据资料之间的横向对比,实现了测井资料与钻井资料之前的直接数据对比。在物性描述与地质解释中充分运用到了岩层数据、煤层数据信息。通过数据分析可见,3、7、15 煤层具有较为清晰的厚度变化特征,3 煤层的连续性较为有限,煤层厚度不够高,7 煤层的数据资料则显示其存在分叉合并现象,为煤层勘探与煤

矿开发提供了有利的数据支持。通过多项数据资料分析能够真实地反映出煤层结构、厚度、井界线与分叉等多方面情况。对促进井下开拓提供了多种数据支持,是目前地质勘探过程中的重要技术之一。J40 线地震反演剖面见图 2。

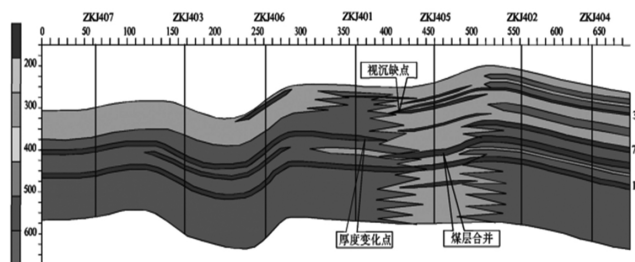


图 2 J40 线地震反演剖面

5 结语

测井约束波阻抗反演技术在目前地质勘探过程中效果显著,能够有效提升地震资料的纵向与横向分辨率,充分挖掘地震资料中的物性与岩性信息,实现对煤层宏观层面的精度解释,在复杂煤层的分析中运用显著。利用数据资料对其中的结构与厚度进行定量层面的解释,采用了具层概念的波阻抗数据资料分析方式,通过对其分析与解释能够得到关于煤层结构、合并界线与分叉的各项信息。以此为煤矿资源开发提供数据指导,在煤层资源开发中能够达到较高的精度控制。在运用过程中需要得到较为精准的野外数据,并需要有以往煤炭资源开发的经验数据,对得到的反演精度具有重要的影响作用,因此,在实际运用过程中还需要不断丰富与完善。

参考文献

- [1]韩少明.地震勘探资料解释煤层冲刷带的应用效果[J].华北国土资源,2017(3):39.
- [2]齐振洪,杨志华,薛海军,等.地质统计学反演在煤层顶、底板岩性解释中的应用[J].陕西煤炭,2017,36(5):72-75.
- [3]汤红伟.地震资料解释岩浆岩侵入煤层范围的探索研究[J].中国煤炭,2017,43(9):35-38.