

高密度全数字三维地震勘探解析马尾状分岔复杂煤层

王建礼

甘肃华亭煤电股份有限公司陈家沟煤矿 甘肃 华亭 744100

摘 要: 本文针对陈家沟煤矿这一具有复杂煤层结构的地区,特别是其煤层呈现的马尾状分岔特征,详细探讨了高密度全数字三维地震勘探技术在该地区的应用及其解析效果。通过对勘探区地质概况、地震勘探技术的实施、数据处理与解释,以及勘探成果的综合分析,揭示了高密度全数字三维地震勘探技术在探测复杂煤层结构方面的独特优势和实际效果。

关键词: 高密度全数字三维地震勘探; 马尾状分岔煤层; 数据处理与解释; 地质成果

1 引言

随着煤炭资源的持续开采,地质条件相对简单的煤层逐渐减少,复杂煤层结构的勘探和开发成为当前煤炭工业面临的重要挑战。陈家沟煤矿位于鄂尔多斯盆地西南缘部,煤层结构复杂,特别是其马尾状分岔特征,给煤层的精确勘探和开发带来了极大困难。高密度全数字三维地震勘探技术作为一种先进的地球物理勘探方法,具有高分辨率、高信噪比、高精度成像等优势,在复杂煤层结构的探测中具有显著效果。因此,深入研究高密度全数字三维地震勘探技术的应用,对于提高煤层勘探精度、指导煤炭资源的安全高效开采具有重要意义。

2 勘探区地质概况

(1) 地层特征: 勘探区位于鄂尔多斯盆地西南缘,地层缺失奥陶系上统至石炭系,其余地层均有沉积。侏罗系中统延安组(J_{2y})为含煤地层,岩性包括砂岩、泥岩、煤层等,平均厚度约252.91m,含煤系数较高。

(2) 煤层特征: 延安组(J_{2y})含煤6层(组),可采煤层为煤1、煤3、煤5,总含煤系数21.34%。煤5层(组)为主要可采煤层,赋存形态复杂,向斜轴以东底板起伏近南北,以西走向北西,存在无煤区,煤层变薄。(3) 构造特征: 勘探区位于华亭复式向斜北部,包含向斜构造及唐家山逆断层F3。向斜走向由近SSE转NNE,西翼倾角陡(60°~80°),东翼平缓(< 20°)。唐家山逆断层走向近SN,倾角60°~80°,断距> 300m,属高角度逆断层。(4) 岩浆岩特征: 勘探区内未发现岩浆岩,对含煤地层及煤层无影响。

3 高密度全数字三维地震勘探技术实施

3.1 技术原理

高密度全数字三维地震勘探技术是一种基于现代数字信号处理技术和高密度观测系统的地震勘探方法。该技术通过增加观测系统的道密度和采用全数字检波器接

收地震波信号,提高了地震数据的分辨率和信噪比。同时,结合先进的数据处理和解释方法,能够实现对地下复杂地质结构的精确成像。

3.2 数据采集

在陈家沟煤矿的地震勘探中,数据采集是关键环节之一。为了确保数据的准确性和可靠性,采用了高密度观测系统进行数据采集。观测系统包括多条测线和多个检波器,测线之间保持一定的间距和重叠度,以确保对勘探区的全面覆盖。检波器采用全数字检波器,具有高灵敏度、宽频带、低噪声等特点^[1]。在数据采集过程中,通过控制震源激发和检波器接收的时机和位置,获取高质量的地震波信号。同时,对采集到的数据进行实时监控和记录,确保数据的完整性和准确性。

3.3 数据处理

3.3.1 预处理

预处理主要是对采集到的原始地震数据进行质量监控和校正。通过去除噪声、校正时间延迟和相位差等操作,提高数据的信噪比和分辨率。同时,对数据进行格式转换和重采样等处理,为后续成像处理提供高质量的输入数据。

3.3.2 成像处理

成像处理是将预处理后的地震数据转换为地下地质结构的图像。在高密度全数字三维地震勘探中,成像处理主要包括静校正、去噪、偏移成像等步骤。静校正是为了消除地表高程变化和低速带对地震波传播的影响。通过计算不同检波点的静校正量并对其进行校正,提高地震数据的成像精度。去噪是为了去除地震数据中的噪声干扰。通过采用先进的去噪算法和技术,如自适应滤波、小波变换等,有效去除地震数据中的随机噪声和相干噪声,提高数据的信噪比。偏移成像是将地震数据从时间域转换到深度域或空间域的过程。通过采用先进的

偏移成像算法和技术,如叠前深度偏移、逆时偏移等,实现对地下地质结构的精确成像。

3.3.3 解释处理

解释处理是对成像处理后的地震数据进行地质解释和分析的过程。通过对地震剖面、水平切片、面块切片等进行详细解释和分析,揭示地下地质结构的特征和规律。同时,结合地质、测井等其他资料进行综合分析和验证,提高解释的准确性和可靠性。

3.4 数据解释

数据解释是高密度全数字三维地震勘探技术的最终环节。通过对处理后的地震数据进行详细解释和分析,揭示地下地质结构的特征和规律^[2]。在陈家沟煤矿的地震勘探中,数据解释主要包括煤层解释、构造解释和异常体解释等方面。

3.4.1 煤层解释

煤层解释是数据解释的重点之一。通过对地震剖面进行详细解释和分析,揭示煤层的分布、形态和结构特征。在陈家沟煤矿中,煤层的赋存形态和结构特征复杂多样,特别是煤5层(组)的马尾状分岔特征给解释工作带来了极大挑战。通过采用先进的解释技术和方法,如地震属性分析、叠前反演等,成功揭示了煤层的详细情况。

3.4.2 构造解释

构造解释是揭示地下地质构造特征和规律的重要环节。通过对地震剖面进行详细解释和分析,揭示褶皱、断层等构造特征及其对煤层赋存的影响。在陈家沟煤矿中,向斜构造和唐家山逆断层F3等构造特征对煤层的赋存和开采具有重要影响。通过构造解释工作,为煤层的精确勘探和开采提供了重要依据。

3.4.3 异常体解释

异常体解释是揭示地下异常地质体特征和规律的重要环节。通过对地震剖面进行详细解释和分析,揭示陷落柱、古隆起等异常地质体的分布和特征。在陈家沟煤矿中,虽然未发现明显的异常地质体分布,但通过异常体解释工作,为地下地质结构的全面了解和掌握提供了重要支持。

4 勘探成果解析

4.1 煤层分布与形态

通过高密度全数字三维地震勘探技术的实施和数据处理与解释工作的完成,成功揭示了陈家沟煤矿煤层的分布和形态特征。勘探结果表明,煤1层、煤3层和煤5层(组)为主要可采煤层,在勘探区内广泛分布但赋存形态复杂多样。煤1层分布于勘探区的DF1以东的大部分地区,整体表现为北西走向的向斜构造。煤3层同样分布

于DF1断层以东的大部分地区,其赋存形态与煤1层相似但分岔现象更为明显。煤5层(组)作为主要可采煤层之一,其赋存形态和结构特征尤为复杂。煤5层(组)整体表现为北西走向的向斜构造,但在勘探区内存在明显的分岔现象。向斜轴以东煤5层底板起伏总体表现为走向近南北、倾向北西;向斜轴以西则表现为走向北西、倾向北东。煤5层在向斜轴以西存在无煤区且自C1401孔西部向西南方向煤5层内部分层变多、层间距变大、煤层逐渐变薄。

4.2 马尾状分岔煤层解析

4.2.1 马尾状分岔煤层特征

马尾状分岔煤层是指煤层在赋存过程中由于地质构造运动等因素的影响而形成的分岔现象。在陈家沟煤矿中,煤5层(组)的马尾状分岔特征尤为明显。煤5层(组)在向斜轴以西存在明显的分岔现象,分岔线自北向南延伸出勘探区边界。自分岔线向西煤5层分层现象明显且层间距变大、煤层逐渐变薄。马尾状分岔煤层的形成与地质构造运动密切相关。在成煤过程中由于构造条件的分异和地壳沉降的不均一性等因素的影响,煤层在赋存过程中发生了分岔现象。特别是在褶皱和断层等构造发育的地区更容易形成马尾状分岔煤层。

4.2.2 马尾状分岔煤层探测难点

马尾状分岔煤层的探测难度较大。由于其赋存形态和结构特征复杂多样且受地质构造运动等因素的影响较大,传统勘探方法往往难以取得理想效果。特别是在三维地震勘探中,由于煤层分岔导致的地震波反射特征复杂多变且易受噪声干扰等因素的影响,给数据处理和解释工作带来了极大挑战^[3]。为了克服这些难点,本文采用了高密度全数字三维地震勘探技术。通过增加观测系统的道密度和采用全数字检波器接收地震波信号提高了地震数据的分辨率和信噪比。同时结合先进的数据处理和解释方法实现了对马尾状分岔煤层的精确探测和成像。

4.2.3 马尾状分岔煤层探测效果

通过高密度全数字三维地震勘探技术的实施和数据处理与解释工作的完成成功揭示了陈家沟煤矿煤5层(组)的马尾状分岔特征。勘探结果表明煤5层(组)在向斜轴以西存在明显的分岔现象且分岔线自北向南延伸出勘探区边界。自分岔线向西煤5层分层现象明显且层间距变大、煤层逐渐变薄。通过对地震剖面进行详细解释和分析发现马尾状分岔煤层的反射波特征复杂多变但具有一定的规律性。在分岔区段地震时间剖面上表现为反射波相位出现分岔现象且能量、振幅较合并区弱;在合并区段地震时间剖面上则表现为反射波相位黏合在一起

且能量、振幅增强。这些特征为马尾状分岔煤层的精确探测和成像提供了重要依据。

4.3 构造特征解析

高密度全数字三维地震勘探揭示了陈家沟煤矿构造特征。勘探区位于华亭复式向斜北部,主要含向斜构造及唐家山逆断层F3。向斜走向由近SSE转NNE,北端翘起封闭,西翼倾角陡($60^{\circ}\sim 80^{\circ}$),东翼平缓($< 20^{\circ}$)。轴部南浅北深,两翼东浅西深,中部有约50m隆起。F3断层位于西部,走向近SN,倾角 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,为高角度西倾逆断层,断距 $> 300\text{m}$ 。这些构造特征影响煤层赋存与开采,需充分考虑并采取措施确保安全高效。

5 勘探效果评估与改进建议

5.1 勘探效果评估

通过高密度全数字三维地震勘探技术在陈家沟煤矿的应用取得了显著的勘探效果。勘探结果表明煤层的分布、形态和结构特征得到了精确揭示且构造特征和异常体探测结果也得到了全面了解和掌握。这些成果为煤层的安全高效开采提供了重要依据和支持。具体来说,高密度全数字三维地震勘探技术在探测复杂煤层结构方面具有显著优势。通过增加观测系统的道密度和采用全数字检波器接收地震波信号提高了地震数据的分辨率和信噪比。同时结合先进的数据处理和解释方法实现了对地下复杂地质结构的精确成像。特别是在探测马尾状分岔煤层方面取得了重要突破并为类似地质条件下的煤层勘探提供了有益借鉴。

5.2 改进建议

5.2.1 优化数据采集参数

数据采集是高密度全数字三维地震勘探技术的关键环节之一。为了进一步提高勘探效果需要进一步优化数据采集参数。例如,可以根据勘探区的地质条件和煤层赋存特征合理设置测线间距、检波器数量和激发参数等以获取更高质量的地震波信号。

5.2.2 完善数据处理流程

数据处理是高密度全数字三维地震勘探技术的核心环节之一。为了进一步提高数据处理效率和精度需要进

一步完善数据处理流程^[4]。例如,可以采用更先进的去噪算法和技术来提高地震数据的信噪比;采用更精确的偏移成像算法和技术来提高地震数据的成像精度等。

5.2.3 加强地质解释研究

地质解释是高密度全数字三维地震勘探技术的最终环节之一。为了进一步提高地质解释的准确性和可靠性需要加强地质解释研究。例如,可以结合地质、测井等其他资料进行综合分析和验证;采用更先进的地质解释技术和方法来提高解释精度和效率等。

5.2.4 推广先进技术应用

随着科技的不断进步和发展越来越多的先进技术被应用于地震勘探领域。为了进一步提高高密度全数字三维地震勘探技术的效果和推广范围需要积极推广先进技术应用。例如,可以采用更先进的震源激发技术和检波器接收技术来提高地震波信号的采集质量;采用更先进的数据处理软件和平台来提高数据处理效率和精度等。

结语

本文深入探讨了高密度全数字三维地震勘探技术在陈家沟煤矿复杂煤层结构探测中的应用,揭示了其在提高勘探精度、解析复杂地质特征方面的独特优势。通过优化数据采集、处理及解释流程,成功揭示了煤层分布、马尾状分岔特征及构造特征,为煤层安全高效开采提供了重要依据,并对未来勘探技术的改进与应用提出了展望。

参考文献

- [1]牛跟彦.全数字高密度三维地震勘探技术在煤矿采区的研究与应用[J].煤炭技术,2019,38(10):58-60.
- [2]程彦,赵锴,汪洋,等.煤矿采区全数字高密度三维地震勘探技术体系建立与发展研究[J].中国煤炭地质,2022,34(06):66-72.
- [3]成润根.全数字高密度三维地震勘探技术在潞安矿区的应用[J].内蒙古煤炭经济,2021,(05):193-195.
- [4]翟勇.高海拔喀斯特地貌复杂地质条件下三维地震勘探技术的应用[J].地质装备,2025,26(01):19-24+32.