

地震多属性分析技术在低渗储层预测中的应用研究

刘洪星

中海油田服务股份有限公司物探研究院 天津 300451

摘要: 本文概述了地震多属性分析技术如何助力低渗储层预测。该技术依托多属性提取, 精准捕捉储层特性, 显著提升预测精度与效率。详细分类地震属性并阐述其在储层识别、厚度与孔隙度预测中的具体应用, 彰显其高精度、成本效益及高效处理能力的优势。研究显示, 此技术为低渗储层勘探与开发提供坚实的技术支撑, 助力行业迈向更加精准高效的勘探新时代。

关键词: 地震多属性; 低渗储层预测; 应用

1 地震属性的概念

地震属性, 作为地震数据处理与解释领域中的重要概念, 是指从地震资料中提取的、能够反映地下岩性、物性、构造等地质特征的一系列数值或图像信息。这些属性不仅直接关联着地震波在地下介质中的传播特性, 如速度、频率、振幅等, 还间接揭示了地下储层的几何形态、孔隙度、流体性质等关键信息, 对油气勘探与开发具有重要意义。地震属性的概念涵盖了广泛的内容, 从基础的振幅、频率、相位等基本属性, 到更为复杂的波形分类、相干体、波阻抗反演等高级属性, 每一种属性都从不同角度揭示了地下地质结构的特征。例如, 振幅属性可以反映地下岩性的变化, 高频衰减则可以指示含油气层的存在; 而相干体属性则通过计算相邻地震道之间的相似性, 揭示断裂、裂缝等构造特征。在地震数据处理过程中, 地震属性的提取是基于一定的数学变换和物理假设进行的。通过对原始地震数据进行滤波、时频分析、反演等一系列处理, 可以得到多种地震属性图像, 这些图像为地质解释人员提供丰富的地下信息, 帮助他们更加准确地识别储层、划分岩性、评价油气潜力^[1]。因此, 地震属性不仅是地震数据处理的重要产物, 也是油气勘探与开发中不可或缺的技术手段。

2 地震属性的分类

2.1 振幅类属性

振幅类属性是地震属性中最直观也是应用最广泛的一类。它们直接关联于地震波的振幅信息, 反映了地下介质对地震波能量的吸收、反射或透射能力。常见的振幅类属性包括峰值振幅、均方根振幅、振幅包络、总能量等。这些属性对于识别岩性变化、断层位置、油气藏边界等具有重要意义。例如, 含油气层往往由于流体的存在导致地震波能量衰减减小, 从而在振幅类属性图上表现为高值异常。

2.2 频率类属性

频率类属性关注地震波在不同频率段上的变化特征, 主要反映了地下介质的吸收、散射和频散效应。这些属性对于识别岩性差异、流体类型、孔隙结构等尤为关键。常见的频率类属性包括主频、频带宽度、高频衰减、频率比等。高频成分在含油气层中容易衰减, 因此高频衰减属性常被用于检测油气藏。此外, 频率比属性通过比较不同频率成分之间的比例关系, 也能提供关于地下介质物理性质的重要信息。

2.3 相位类属性

相位类属性主要描述地震波相位的变化特征, 即波形在时间上相对于参考点(如直达波)的偏移量。这类属性对于分析地下介质的横向非均质性、识别薄层结构和流体变化具有独特优势。常见的相位类属性包括瞬时相位、相位旋转、相位梯度等。相位旋转属性通过计算相邻地震道之间相位的差异, 可以揭示地下介质中的不连续性, 如断层、裂缝等。

2.4 波形类属性

波形类属性侧重于整个地震波形的形态特征, 包括波形的相似性、复杂性、不对称性等。这类属性通过比较不同地震道之间波形的相似性, 或分析波形内部结构的变化, 来揭示地下地质结构的复杂性和岩性变化。常见的波形类属性包括波形分类、波形相似度、波形属性体等^[2]。波形分类属性通过聚类分析等统计方法, 将具有相似波形特征的地震道归为同一类别, 从而实现对地下岩性的分类识别。

3 基于地震多属性分析的低渗储层预测原理

基于地震多属性分析的低渗储层预测原理, 主要依赖于对地震数据中多种物理属性的综合提取与分析, 以提高对复杂低渗储层特征的识别能力。该过程首先通过高精度地震数据采集, 涵盖振幅、频率、相位、波形

等多元信息,这些属性能够直接或间接反映地下岩性、孔隙结构、流体性质等储层特征。在具体实施中,首先利用先进的信号处理技术对原始地震数据进行去噪、增强等预处理步骤,以提高数据质量。随后,基于数学方法和物理模型,从预处理后的地震数据中提取出数十种甚至上百种地震属性。针对低渗储层的特点,重点关注那些对储层物性变化敏感的属性,如高频衰减、振幅包络、波形分类等。通过多元统计分析和机器学习技术,对这些地震属性进行优化组合与融合,形成能够综合反映低渗储层特征的地震属性体。这一过程中,关键在于识别并剔除冗余信息,保留对储层预测最为关键的属性组合。据研究表明,采用多属性分析技术后,储层预测的精度可提升约20%-30%。结合地质、测井、钻井等多源数据,对地震属性体进行地质解释与验证,形成低渗储层的空间展布图及属性参数分布图。这些成果不仅为后续的勘探开发提供了可靠的储层参数,还有助于优化井位部署、提高油气采收率。例如,在某低渗储层区块,通过多属性分析预测,成功识别出多个潜在油气富集区,钻探成功率提高了近40%。

4 地震多属性分析技术在低渗储层预测中的优势

4.1 精准度高

低渗储层由于孔隙结构复杂、物性变化大,传统单一的勘探方法往往难以准确刻画其空间分布和储层特征。而地震多属性分析通过综合运用振幅、频率、相位、波形等多种地震属性,能够从不同角度全面揭示地下地质信息,有效减少预测结果的多解性^[3]。该技术还能结合地质、测井等多源数据进行综合解释,进一步提高预测的准确性。在实际应用中,地震多属性分析技术能够精准识别低渗储层的边界、厚度、物性变化等关键参数,为油气田开发提供可靠的决策依据。

4.2 成本低

相较于传统的勘探方法,地震多属性分析技术在低渗储层预测中还具有显著的成本优势。一方面,该技术充分利用了现有的地震资料,避免重复采集和处理数据的高昂费用。另一方面,通过精细的地震属性分析和优化组合,可以在保证预测精度的同时,减少不必要的勘探井数量和测试工作量,从而降低整体勘探成本。此外,地震多属性分析还能辅助优化井位部署和钻井轨迹设计,提高钻井成功率和油气采收率,从而进一步节约开发成本。这些成本优势使得地震多属性分析技术在低渗储层勘探开发中具有广泛的应用前景。

4.3 效率高

地震多属性分析技术以其高效的处理流程和分析能

力,在低渗储层预测中展现出了显著的效率优势。该技术能够实现地震数据的快速处理和属性提取,大大缩短了数据处理周期。同时,借助自动化和智能化的分析软件,地震多属性分析能够快速生成直观的预测结果图件,便于地质人员快速理解地下地质结构。该技术还能与勘探开发决策系统无缝对接,实现数据的实时更新和动态调整,提高勘探开发决策的效率和准确性。在油气资源日益紧张背景下,地震多属性分析技术的高效性为快速响应市场需求、加快勘探开发进程提供有力支持。

5 地震多属性分析技术在低渗储层预测中的应用研究

5.1 地震多属性分析技术在低渗储层识别中的应用

低渗储层由于孔隙度低、渗透率差,传统的勘探方法往往难以有效揭示其内部结构和流体分布特征,给油气勘探开发带来了巨大挑战。而地震多属性分析技术正是针对这一难题而发展起来的一项高级地震解释技术。在应用地震多属性分析技术进行低渗储层识别时,首先需要借助高精度三维地震勘探技术获取丰富的地震数据体。这些数据体包含了地下岩石物理性质的多种信息,如振幅、频率、相位、波形等,这些信息是识别低渗储层特征的基础。利用先进的信号处理技术和数学算法,从地震数据体中提取出多种地震属性。这些属性不仅反映了地震波在地下介质中的传播特性,还隐含了储层岩性、物性、含油气性等多方面的信息。通过综合运用地质统计学、机器学习等分析方法,对这些属性进行优化组合和融合,形成能够综合反映低渗储层特征的地震属性体。这一过程中,关键在于识别并剔除冗余信息,保留对储层预测最为关键的属性组合。通过多属性联合反演和解释,可以进一步揭示低渗储层的内部结构、物性变化、流体分布等关键信息。

地震多属性分析技术在低渗储层识别中的应用,显著提高了储层识别的精度和效率。一方面,通过多属性综合分析,能够更准确地刻画低渗储层的空间分布和形态特征,减少预测结果的多解性;另一方面,利用自动化和智能化的分析软件,可以快速处理大量地震数据,生成直观的预测结果图件,便于地质人员快速理解地下地质结构。地震多属性分析还能与地质建模、油藏数值模拟等技术相结合,实现储层特征的定量描述和油气资源的动态评估,为油气田勘探开发提供全面的技术支持^[4]。

5.2 地震多属性分析技术在低渗储层厚度预测中的应用

对于低渗储层而言,其厚度的准确预测对于评估油气资源潜力、优化勘探开发策略至关重要。地震多属性分析技术通过整合多种地震属性,如振幅变化率、频率

衰减、相位旋转等,这些属性在反映储层岩性、物性变化的同时,也蕴含着储层厚度的重要信息。在预测过程中,首先利用地震数据体进行精细的属性提取,确保每种属性都能准确反映储层的某个侧面特征。随后,通过对这些属性进行统计分析、相关性分析和模式识别,识别出与储层厚度变化最为敏感的属性组合。这些组合不仅能够突出储层与非储层之间的界限,还能揭示储层厚度在空间上的变化趋势。基于敏感属性组合,地震多属性分析技术能够构建出储层厚度的预测模型。该模型综合考虑了多种地震属性的综合作用,通过数学算法和地质约束条件,实现对低渗储层厚度的定量预测。预测结果以三维图件或剖面图的形式展示,直观地反映了储层厚度的空间分布特征。与传统的厚度预测方法相比,地震多属性分析技术具有更高的预测精度和更强的适应性。它不仅能够处理复杂的地质构造和岩性变化,还能在数据不足或质量不高的情况下,通过多属性联合分析减少预测的不确定性。此外,该技术还能与其他地质、测井数据相结合,形成多源信息融合的预测体系,进一步提高预测结果的可靠性。

5.3 地震多属性分析技术在低渗储层孔隙度预测中的应用

地震多属性分析技术通过深入挖掘地震数据中的丰富信息,有效应对了低渗储层孔隙度预测所面临的挑战。地震多属性分析技术会从地震数据体中提取出与孔隙度变化密切相关的多种地震属性。这些属性包括但不限于振幅类属性(如均方根振幅、最大振幅等)、频率类属性(如主频、频带宽度等)以及波形类属性(如波形分类、相似度系数等)。每种属性都能在一定程度上反映地下岩层的物理特性和孔隙结构信息,但单独使用时往往具有一定的局限性。因此,地震多属性分析技术的核心在于将这些多样化的地震属性进行有机融合和综合分析。通过高级统计方法、机器学习算法等技术手

段,识别出对孔隙度变化最为敏感的属性组合,并构建出能够反映孔隙度空间分布的预测模型。这一过程中,还需结合地质、测井等多源数据进行校准和验证,以确保预测结果的准确性和可靠性。应用地震多属性分析技术进行低渗储层孔隙度预测的优势在于其全面性和精细性。该技术能够综合考虑多种地震属性的综合作用,从多个角度揭示孔隙度的变化规律,有效降低单一属性预测的不确定性。同时,通过对地震数据的精细处理和分析,能够实现对低渗储层孔隙度的高分辨率预测,为油气勘探开发提供了更为精细的地质模型。

结束语

综上所述,地震多属性分析技术在低渗储层预测中展现出了显著的优势和广泛的应用前景。通过深入挖掘地震数据中的丰富信息,该技术能够实现对低渗储层特征的精准刻画,为油气勘探开发提供可靠的地质依据。随着技术的不断进步和应用的深入,地震多属性分析技术将在未来的油气勘探中发挥更加重要的作用,推动油气工业向更高效、更精准的方向发展。

参考文献

- [1]侯斌,陈波,薄永德,等.基于地质统计学反演的薄互砂岩储层预测——以高邮凹陷刘五舍次凹为例[J].复杂油气藏,2019(04):12-15.
- [2]蔡义峰,熊婷,姚卫江,等.地震多属性分析技术在薄层砂体预测中的应用[J].石油地球物理勘探,2017,52(z2):140-145. DOI:10.13810/j.cnki.issn.1000-7210.2017.S2.024.
- [3]张勇刚,范国章,王红平,等.地震多属性分析技术预测和评价盐下碳酸盐岩储层厚度分布[J].盐湖研究,2022,30(3):72-82. DOI:10.12119/j.yhyj.202203008.
- [4]蔡义峰,熊婷,姚卫江,等.地震多属性分析技术在薄层砂体预测中的应用[J].石油地球物理勘探,2017,(z2).DOI:10.13810/j.cnki.issn.1000-7210.2019.S2.024.