

Application of Ant Fracture Recognition Based on F-K Filter in Kela 2 Gas Field

Yalun Guan^{1,2} Jianhua Xu² Haifeng Li² Wei Zhang² Junyao Pan^{1,2} Qi Lu²

1. School of Geoscience and Engineering, Xi'an Petroleum University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2. Korla Branch of the Research Institute of China Petroleum Oriental Geophysical Corporation, Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract

Kela 2 gas field is the largest assembled super-high pressure dry gas reservoir in China, which is the main gas field of "west-to-east gas transmission". With the deepening of development, improving the identification accuracy of micro-small fracture in gas field affects the development countermeasures and long-term stability of gas field. In order to solve the difficulty of micro-small fracture identification in the study area, this paper comprehensively integrates structure-oriented filtering technology, seismic attribute optimization, ant tracking technology and F-K filtering forming ant fracture recognition method based on F-k filtering. Through the application analysis of fault interpretation in Kela 2 gas field, the F-k filter ant fault recognition method can effectively suppress noise, enhance the continuity of earthquake axis, highlight the abnormal response characteristic of fracture, effectively improve the fault recognition ability of seismic attributes, effectively eliminate the "false fracture" caused by interference information in ant tracking, and improve the accuracy of fault recognition, the subjectivity of artificial fault interpretation and provides favorable technical support for the efficient development of Kela 2 gas field.

Keywords

Kela 2 gas field; fault identification; structure-oriented filtering; ant tracking; F-K filtering

基于F-K滤波的蚂蚁体断裂识别方法在克拉2气田的应用

管亚伦^{1,2} 许建华² 李海丰² 张伟² 潘俊尧^{1,2} 卢奇²

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 中国·陕西 西安 710065

2. 中国石油东方地球物理公司研究院库尔勒分院, 中国·新疆 库尔勒 841000

摘要

克拉2气田是中国探明储量最大的整装超高压干气气藏,为“西气东输”的主力气田。随着开发的不断深入,提高气田微-小断裂的识别精度对开发对策的制定以及气田长期稳产有着重要的影响作用。为了解决研究区微-小断裂识别的难点,论文综合构造导向滤波技术、地震属性优选、蚂蚁体追踪技术、F-K滤波形成基于F-k滤波的蚂蚁体断裂识别方法。通过对克拉2气田断裂解释的应用分析,基于F-k滤波的蚂蚁体断裂识别方法能够有效压制噪音,凸显断裂的异常响应特征,消除了高陡地层干扰信息造成的“假断裂”,提高了断裂识别准确度,为克拉2气田高效开发提供了有力的技术支持。

关键字

克拉2气田; 断裂识别; 构造导向滤波; 蚂蚁体追踪; F-K滤波

1 引言

克拉2气田构造上隶属于中国塔里木盆地北部的库车前陆盆地,位于库车前陆盆地逆冲带主体部位的克拉苏构造带中东部,气田在喀桑托开地面构造的东翼(图1),是中国探明的特大的、山地超高压整装优质天然气气田,为“西气东输”工程的主力气源。近年来,随着克拉2气田开发的不断深入,多口生产井因水侵关井,稳产形势渐趋严峻,迫切需要提高克拉2气藏断裂的识别精度,指导开发方案调整,

实现气藏高效开发。



图1 克拉2气田区域构造位置图

2 方法原理

克拉2气田主要受多期北部冲断带挤压应力和南翼反方向推覆力的挤压应力的影响,同时各期次应力作用的大小和

【作者简介】管亚伦(1985-),男,中国河北涿州人,本科,工程师,从事复杂山前地震资料解释的研究。

方向不同，最终应力作用形成现今的复杂断裂结构。但受限于地震资料品质，克拉2气田断裂识别难以满足气藏精细开发的需求。从地震剖面上看（图2），克拉2气田构造高部位同相轴连续性较好，但对断点的刻画不清晰，而构造南北两翼地震资料成像较差，噪声、干扰信息较多，断裂识别难度较大。因此，如何有效识别构造南北两翼的断裂，提高构造高部断裂识别的精度是克拉2气田断裂精细刻画面临两个难点。

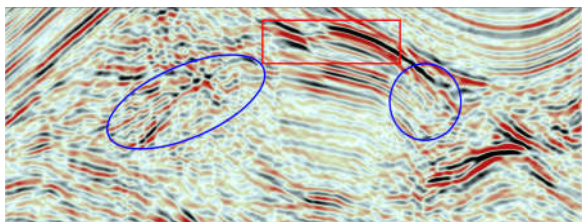


图2 克拉2气田南北向地震剖面

近年来，基于地震属性的断裂识别方法和基于断裂自动识别的蚂蚁体追踪技术被广泛应用于断裂解释的过程中。由于克拉2气田地震资料在构造南、北两翼信噪比低、成像品质较差，且断裂在断距和延伸长度上存在差异，难以利用单一地震属性同时实现对大断裂和微—小断裂的精细刻画^[1]。而蚂蚁体追踪技术虽然对微—小断裂的刻画具有明显优势^[2]，但受限克拉2气田高陡构造的特征，在利用蚂蚁体追踪技术的过程中会高陡地层信息严重干扰断裂识别效果，造成“假断裂”的存在，降低断裂识别准确度。为了解决研究区微—小断裂识别的难点，综合构造导向滤波技术、地震属性优选、蚂蚁体追踪技术、F-K滤波形成基于F-k滤波的蚂蚁体断裂识别方法（图3）。

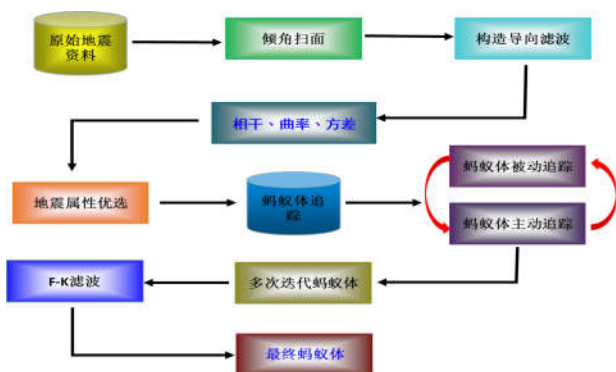


图3 基于F-K滤波的蚂蚁体断裂识别方法技术流程

首先，利用地震资料解释性处理改善地震资料品质，提高地震资料对断点刻画能力，主要包括倾角扫描与构造导向滤波两个部分；其次，通过不同地震属性对克拉2气田构造高部位和南北两翼断裂识别能力的对比分析，优选出优势属性作为蚂蚁体计算的输入数据；然后，利用蚂蚁追踪技术可进行二次运算提高抗噪能力的特点^[3]，通过对蚂蚁体主动追

踪与被动追踪方式的对比分析，设计出合理的二次运算流程进行蚂蚁体计算；最后，利用 Geocast 处理平台对多次迭代蚂蚁体进行 F-K 滤波，消除陡倾角地层干扰信息。

3 应用效果分析

3.1 地震资料解释性处理

地震资料解释性处理分为倾角扫描和构造导向滤波两个部分，主要目的是提高地震资料的信噪比，改善地震资料对断裂的刻画能力。图4为解释性处理前、后地震剖面对比，可以看出经过解释处理后的地震剖面上地震资料的信噪比提高，同相轴连续性增强，大断裂边界特征得到凸显，微小断裂的断点刻画更加清晰，为克拉2气田断裂精细识别奠定了基础。

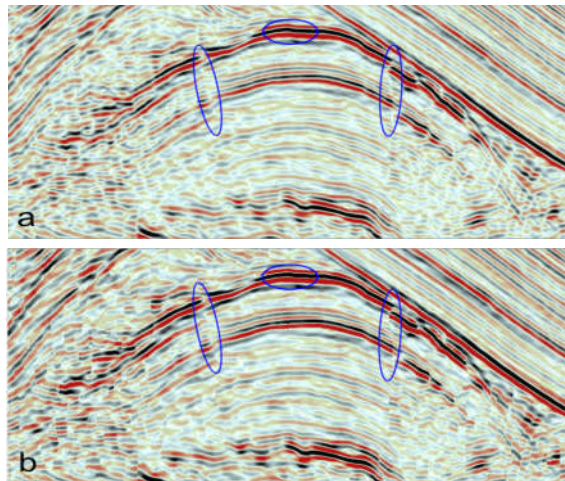


图4 解释性处理前（a）、后（b）地震剖面对比

3.2 地震属性优选

基于地震属性的断裂识别方法是目前较为常用方法之一，主要是利用一些对断裂较为敏感的岩层属性或体属性来识别断裂，常用的地震属性有相干属性、方差属性、曲率属性等。

图5是克拉2气田相干、方差、曲率属性体断裂平面图。整体上看，基于地震属性的断裂识别方法在克拉2气田构造南北两翼，干扰信息较多，断裂展布特征杂乱，断裂识别效果差。而在构造高部，断裂识别精度较低，识别出的断裂数目较少，难以满足气田精细开发的需求。通过对相干属性体、方差属性体、曲率属性体在克拉2气田断裂识别效果对比，方差属性和曲率属性对于克拉2气田构造南北两翼断裂的识别效果与相干属性相比干扰信息较多，断裂展布不清；而在构造高部，相干属性断裂刻画清晰，断裂平面分布规律较好，断裂刻画的精细程度与方差属性和曲率属性相比也有着显著的优势。综合以上分析，优选相干属性体作为下一步蚂蚁追踪算法的输入数据。

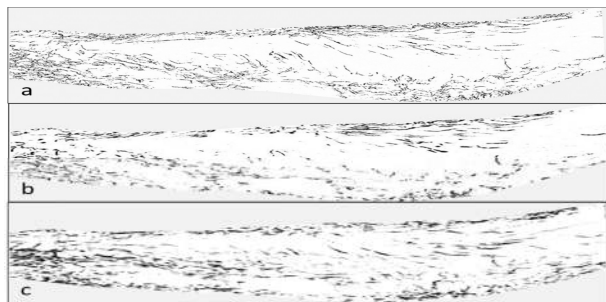


图 5 克拉 2 气田相干 (a)、方差 (b)、曲率 (c) 属性断裂平面

3.3 多次迭代蚂蚁体

蚂蚁体追踪技术基于蚁群算法的断裂自动识别方法，是 Schlumberger 公司研发的一种基于蚁群算法的地震属性^[4]。在断裂识别过程中，通过在地震数据中设置大量的电子蚂蚁，发现满足预设断裂条件的电子蚂蚁将“释放”信息素，召集其他的蚂蚁集中在该断裂处对其进行追踪，直到完成该断裂的识别与追踪^[5]。对于在地震资料，噪声是随机的、无规律的，电子蚂蚁在噪声处遗留的信息素较少，而对于断层，信息素较为密集，根据信息素浓度可有效区别的分噪声和断裂信息。蚂蚁体追踪的优点是在抗噪声、抗干扰方面有着显著的优势，能够有效地增强断层识别的客观性、准确性。

Petrel 蚂蚁体计算提供了两种蚂蚁追踪方式，主动蚂蚁追踪和被动蚂蚁追踪，在相同的参数条件下，主动追踪与被动追踪方式断裂识别效果存在着明显的差异。图 6 为蚂蚁体被动追踪、主动追踪断裂平面对比图，从图中可以看出无论是被动追踪蚂蚁体还是主动追踪蚂蚁体，克拉 2 气田构造南北两翼的断裂识别效果有了显著提高，南北两翼噪声和干扰信息得到进一步压制，断裂刻画清晰，证实了蚂蚁体有较强抗噪、抗干扰能力；而在构造高部位，被动追踪蚂蚁体与主动追踪蚂蚁体对断裂的识别精细程度改善明显，构造高部位断裂信息丰富，断裂走向规律性更强。但两种蚂蚁体追踪方式也存在这差异，其中被动追踪蚂蚁体断裂识别的数量多，但断裂的连续性及分布规律较差；主动追踪蚂蚁体识别的断裂虽然在走向与规律性有所改善，断裂的连续性也较好，但整体上断裂识别的数量较少。

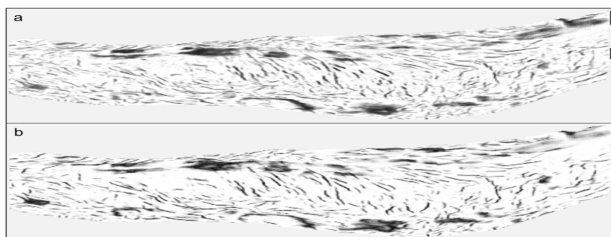


图 6 克拉 2 气田蚂蚁体被动追踪 (a) 与主动追踪 (b) 断裂平面对比图

图 7 为克拉 2 气田相干属性断裂系统图 (a) 与多次迭代蚂蚁体断裂系统图 (b) 平面对比，从图中可以看出多次迭代蚂蚁体平面断裂特征改善效果明显，构造高部位断裂识别的数量显著增多，断裂特征的刻画更加清晰，但构造南北两翼干扰信息虽然有所减少断裂分布整体上较为杂乱^[6]。图 8 为克拉 2 气田多次迭代蚂蚁体剖面图 (a) 与地震剖面 (b) 平面对比图，从图中看，多次迭代蚂蚁体在构造南北两翼存在高陡倾角地层的信息，对断裂信息形成干扰，形成“假断裂”导致多次迭代蚂蚁体在构造南北两翼的断裂规律性较差。

对于多次迭代蚂蚁体而言，高陡地层干扰信息与真实的断裂特征存在着明显倾角差异。因此，利用 Geocast 处理平台对多次迭代蚂蚁体进行 F-K 滤波。图 9 为克拉 2 气田 F-K 滤波前 (a)、后 (b) 多次迭代蚂蚁体剖面对比图，从图中可以看出，F-K 滤波后的多次迭代蚂蚁体，有效地消除了高陡地层的干扰信息，真实的断裂特征得以突显。图 10 为克拉 2 气田 F-K 滤波前 (a)、后 (b) 多次迭代蚂蚁体断裂系统平面对比图，从图中可以看出 F-K 滤波后的多次迭代蚂蚁体平面断裂特征改善效果明显，构造高部位断裂刻画精度显著提高，断裂平面展布规律性、连续性较好；而构造南北两翼断裂分布特征明显，断裂刻画能力有了显著的提高，断裂刻画的准确性和客观性提高^[7]。从 F-K 滤波的多次迭代蚂蚁体断裂平面图上看，克拉 2 气田断裂走向主要分为三个方向，气田西部以近东向走向的断层为主，气田东部以北东 - 东西走向的断层为主，而气田的中部则为具有走滑性质的北西 - 南东向断层，这与目前地质认识一致。因此，F-K 滤波后的多次迭代蚂蚁体能为克拉 2 气田断裂精细识别提供有力的技术支持。

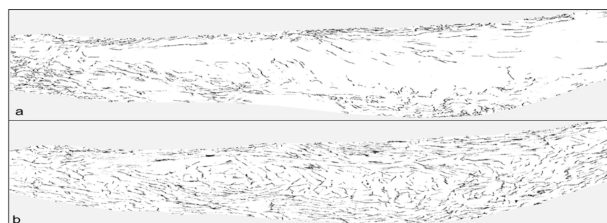


图 7 克拉 2 气田相干属性断裂系统图 (a) 与多次迭代蚂蚁体断裂系统图 (b) 平面对比

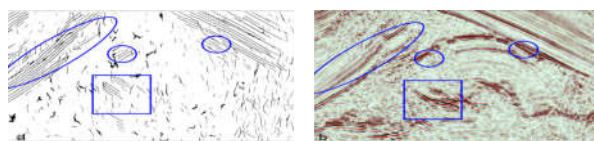


图 8 克拉 2 气田多次迭代蚂蚁体剖面 (a) 地震剖面 (b) 对比图

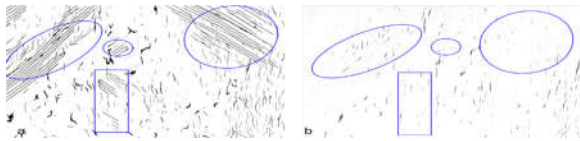


图9 克拉2气田 F-K 滤波前 (a)、后 (b) 多次迭代蚂蚁体剖面对比图

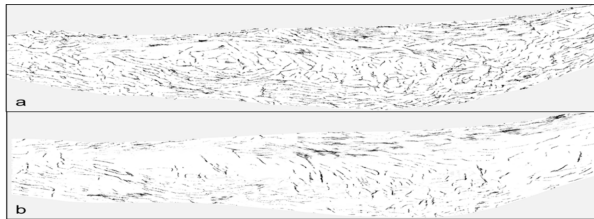


图10 克拉2气田 F-K 滤波前 (a)、后 (b) 多次迭代蚂蚁体断裂系统平面对比图

4 结论

①基于 F-K 滤波的蚂蚁体断裂识别方法能够有效地改善地震资料对断裂的刻画能力,在丰富断裂信息、提高断裂识别精度方面效果显著,可以为高陡构造气藏的断裂精细研究

提供有力保证。

②通过 F-K 滤波,改善了高陡地层信息对断裂识别的影响,有效消除了“假断裂”,凸显了断裂的真实分布特征,提高了断裂解释的客观性和准确性。

参考文献

- [1] 李婷婷,侯思宇,马世忠,等.断层识别方法综述及研究进展[J].地球物理学进展,2018,33(4):1507-1514.
- [2] 王良全.构造综合研究在复杂断块油田勘探开发中的作用[J].石油地球物理勘探,1987,22(2):119-126.
- [3] 朱成宏,黄国鸾,秦瞳.断裂系统精细分析技术[J].石油物探,2002,41(1):42-48.
- [4] 张继标,戴俊生,赵力彬,等.基于蚂蚁算法的断裂自动解释技术在黄珏南地区的应用[J].中国石油大学学报(自然科学版),2011,35(6):14-20.
- [5] 司丽,王彦辉,佟洪海,等.基于地震属性体的三维可视化井震匹配断层解释[J].油气藏评价与开发,2013,3(3):2-4.
- [6] 程超,吴东昊,桑琴,等.基于蚂蚁体的“相”控地质建模[J].西安石油大学学报:自然科学版,2011,26(3):22-25.
- [7] 张继标,戴俊生,冯建伟,等.蚂蚁追踪技术在大程庄地区断裂自动解释中的应用[J].石油天然气学报,2012,34(5):53-57.

(上接第 86 页)

极参加由生态环境局、环境监测协会等举办的实验室比对活动,开展能力验证,加强数据审核分析实验结果。

在这一活动中,由具有丰富经验的人员定期开展质量审查工作,要求不同实验室采用同一种方法,以此检查实验室的分析能力。合理应用这一模式,能够使实验室认识到自身的不足之处,进一步改善、强化他们的实验分析能力。

4 结语

综上所述,环境监测的实验室分析过程和结果都十分重要。开展质量控制工作,应当贯穿于实验室分析的各个阶段中。包括前期的采样、中期的分析和后期监测报告的制定。并通过内外部的不同质量控制,来进一步强化实验室的分析过程,提高数据的真实性和科学性,从而反映出环境的实际情况。

根据环境监测的情况来制定有效的防治措施,做好环境保护工作。

参考文献

- [1] 范霞.水质环境监测实验室分析质量控制要点探讨[J].建筑工程技术与设计,2018(14):3758.
- [2] 曹喜萍,楚波.环境监测技术与质量控制措施探析[J].资源节约与环保,2016(6):127.
- [3] 李高翔.环境监测实验室分析工作中的质量控制与质量保证措施研究[J].清洗世界,2020,36(8):125-126.
- [4] 周瑞,李丽芬.如何控制和保证环境监测实验室分析工作的质量[J].大科技,2020(19):2-3.
- [5] 阎蕾.实验室质量控制在环境监测工作中的重要性[J].商品与质量,2020(9):230+233.