

[引著格式] 白雪. 井震结合小断层识别技术及应用 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (3+4): 15~18.

井震结合小断层识别技术及应用

白雪 (中石油大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

[摘要] 大庆长垣油田井网密度大, 断层间交切关系复杂, 尤其小断层较为发育, 传统的断层解释方法难以有效、快速地识别复杂构造及低级序小断层。为了准确刻画断层的空间分布特征, 开展了井震结合小断层识别技术研究, 通过综合利用正演模型指导、井断点引导、蚂蚁体断层识别、地震属性三维可视化识别等关键技术, 初步形成了小断层及岩性变化的识别方法, 提高了小断层的解释精度, 深化了断层构造特征认识, 为及时指导油田精细挖潜调整提供了技术依据。

[关键词] 井震结合; 小断层; 地震属性; 长垣油田

[中图分类号] P631.44 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1000-9752 (2015) 03+04-0015-04

大庆长垣油田开发已有 50 多年的时间, 目前已进入特高、高含水开发期, 井网密, 剩余油分布情况复杂, 亟需进一步深化油田的构造特征认识, 特别是微构造、低级序小断层的精细识别与刻画是研究的重点。但随着开发调整的不断深入, 井资料空间密度难以控制小断层和微构造的矛盾逐步体现。而常规的断层解释主要以三维地震资料结合方差体、相干体等各种属性体的切片来识别, 这些方法对于识别断距比较大的断层和过井的断层效果比较好, 但对地震特征不清晰的井间小断层的解释存在不确定性^[1,2]。为此, 笔者以保幅保真处理的地震资料为基础, 充分结合钻井、测井以及开发动态资料, 利用正演模型指导、井断点引导、蚂蚁体断层识别、地震属性三维可视化识别等关键技术, 对断层进行精细研究, 寻找小断层及微幅度构造, 深化了研究区的构造特征认识。

低级序断层是指断层级别中四级及以下的小断层, 对地层沉积模式基本不起作用, 但有些对剩余油的富集起到了控制作用。因此, 小断层的精细刻画也是构造解释中的关键部分。由于研究区内断层数量较多, 而且比较密集, 且工区内砂体相对较厚, 平面相变快, 岩性变化与断层地震响应区分难, 这些都给断层解释工作带来了很大的困难^[3,4]。针对上述难点, 笔者在继承传统断层解释方法的基础上, 研究新的低级序小断层精细刻画方法: 建立正演模型指导地震剖面的小断层解释; 综合应用井断点引导技术、蚂蚁体断层识别、地震属性体三维可视化技术识别低级序断层; 利用井网生产动态资料分析和验证低级序小断层, 提高了小断层的解释精度和效率。

1 正演模拟指导小断层解释

应用正演模拟方法可以正确认识岩性变化及断层在地震记录上的反映, 由于地下介质是各向异性的, 在建立初始模型时, 纵向和横向上的速度变化要符合地下实际情况^[5]。

根据研究区的储层特征, 储层厚度取 3~5m, 断距分别取 5m 和 15m, 建立了小断层与岩性变化体的二维地质模型。从地震资料中提取不同频率的零相位地震子波进行正演模拟, 地震响应结果如图 1 所示, 可以看出, 断据在 15m 以上时, 同相轴明显断开, 断据为 5m 时, 出现“藕断丝连”的断层反射同相轴不断现象, 同相轴表现为断开不明显的扭动, 因此直接用地震剖面解释油层中断距为 5m 以上小断层是可行的。但是在常规地震剖面上, 由于 5m 左右的小断层与岩性变化具有相似的地震响应特征, 在断层和岩性变化处地震同相轴扭曲, 难于区分。

[收稿日期] 2014-11-12

[基金项目] 国家科技重大专项 (2011ZX05010-001)。

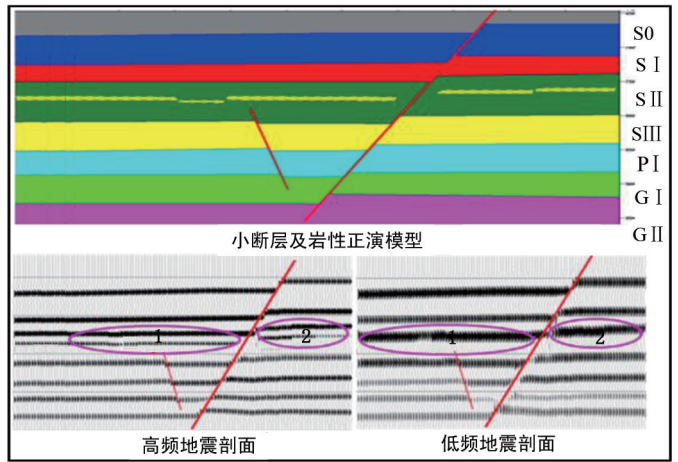
[作者简介] 白雪 (1986-), 女, 工程师, 现从事构造解释及建模的研究工作, bx198608100624@126.com。

从图1中可以看出,在高频地震剖面中,区域1中的反射轴有明显扭动,区域2中的反射轴有明显的由强变弱的转变;但是在低频地震剖面中,区域1和区域2中的反射轴扭动均已消失;而在低频和低频剖面中,因小断层产生的反射轴扭动都依然存在,因此可以利用该方法有效区分岩性变化和小断层。

2 蚂蚁体断层识别技术区分小断层

蚂蚁体断层识别技术是通过仿效蚂蚁群落在自然界的行为和它们如何使用生化信息素来标示最优化寻食路线实现。在地震数据体中播撒大量蚂蚁,在地震属性体中发现满足预设断裂条件的断裂痕迹,蚂蚁将"释放"某种信号,召集其他区域的蚂蚁集中在该断裂处对其进行追踪,直到完成该断裂的追踪和识别,而不满足断裂条件的断裂痕迹将不进行标注,最后获得一个低噪声、具有清晰断裂痕迹的数据体^[6]。

从蚂蚁体属性切片(图2)看,蚂蚁体反映的断裂信息非常丰富,除了能够清晰反映大断层外,对大断层间的小断层也进行了描述,这些小断层对开发效果有着不可忽视的作用。



注: S0、S I、S II、S III分别为萨尔图油层0、I、II、III油组; P I为葡萄花油层 I 油组; G I、G II分别为高台子油层 I、II 油组; 数字1、2表示区域。下同。

图1 同一地质模型不同频率的地震响应

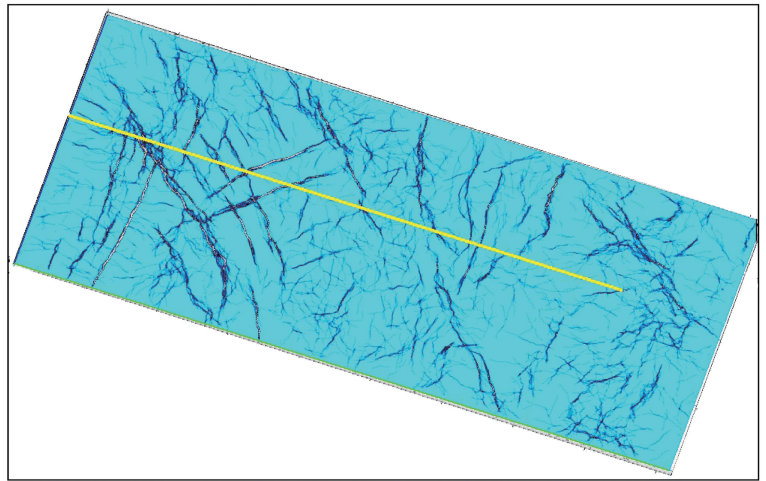


图2 蚂蚁体属性切片

3 地震属性三维可视化技术识别小断层

在区分低级序小断层和岩性异常体时也可以利用地震属性三维可视化技术,通过分析地震属性切片纵向上的延伸长度进行识别。

根据以往经验认为,岩性变化在纵向上的延伸长度比较小,低级序小断层虽然断距比较小,但是在纵向上的延伸长度还是比较大的,因此可以通过分析地震属性体切片在纵向上的延伸长度有效区分地震同相轴出现扭动的原因,进而区分出岩性变化和低级序小断层^[7,8]。

4 井断点引导的小断层精细解释

井震结合断层解释融合了井震的多种信息,但小断层识别对井断点信息依赖较大,通过时深转换技术,把井断点转换到时间域,利用井断点引导的断层精细解释技术,在地震剖面上落实断点的位置、断距的大小等产状要素,使断层断穿的层位及空间位置得到更加准确的确定^[9,10],提高了断层的解释精度

(图 3)。该方法对小断层的识别提供了准确的依据。

5 实际应用分析

应用新的低级序断层精细刻画方法解释了研究区 SII、P I 顶面断层。通过地震断层解释与井解释断层结果相比较，目的层断点的组合率得到提高，达到了 90% 以上，井震结合解释断层明显增多，多为断距小、延伸长度短的低级序小断层，断层组合关系也发生了一些变化，核销了原来的一些断层(见表 1)。

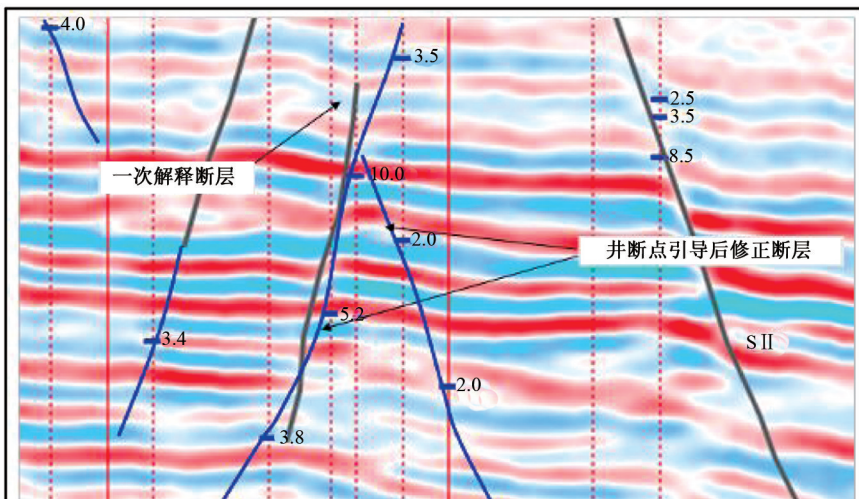


图 3 井断点引导断层精细解释图

表 1 研究区油层顶面井震结合解释断层与井断层对比表

层位	井解释断层 /条	井震结合解释断层/条	增加断层 /条	数量变化/条			形态变化/条			
				新发现	拆分	核销	走向变化	延伸长度	位置偏移	基本不变
SII	19	44	25	23	3→7	2	3	3	6	2
PI	19	42	23	25	1→2	3	5	4	3	3

井震结合解释后的断层变化主要表现在：①断层数量明显增多，SII 顶面断层由 19 条增加到 44 条(增加了 131.6%)，44 条断层中有 42 条发生变化(变化率达 95.4%)；PI 顶面断层由 19 条增加到 42 条(增加了 121.0%)，42 条断层中有 39 条发生变化(变化率达 92.8%) (见图 4)。②新发现的断层多为低级序小断层，SII 顶面断层断距小于 5m 的占 61.4%，延伸长度小于 500m 的占 45.5%；PI 顶面断层断距小于 5m 的占 71.4%，延伸长度小于 500m 的占 71.4% (见图 5)。

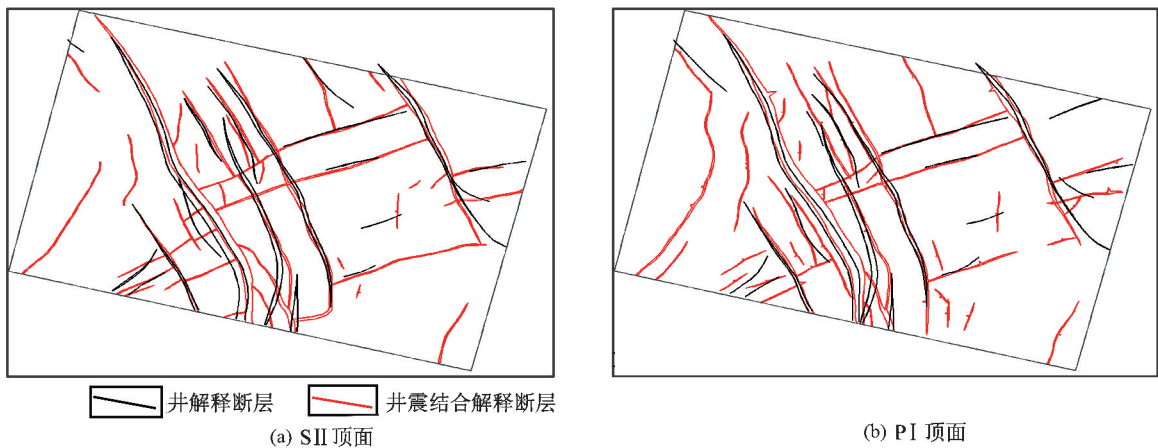


图 4 井震结合前、后断层解释对比结果

此外，还发现断层的断距大小与延伸长度有一定关联。SII 顶面断层断距小于 5m、延伸长度小于 500m 的占 5m 以下断层的 74.1%；断距大于 10m、延伸长度大于 1000m 的占 10m 以上断层的 50%。

PI 顶面断层断距小于 5m、延伸长度小于 500m 的占 5m 以下断层的 63.3%；断距大于 10m、延伸长度大于 1000m 的占 10m 以上断层的 40%。

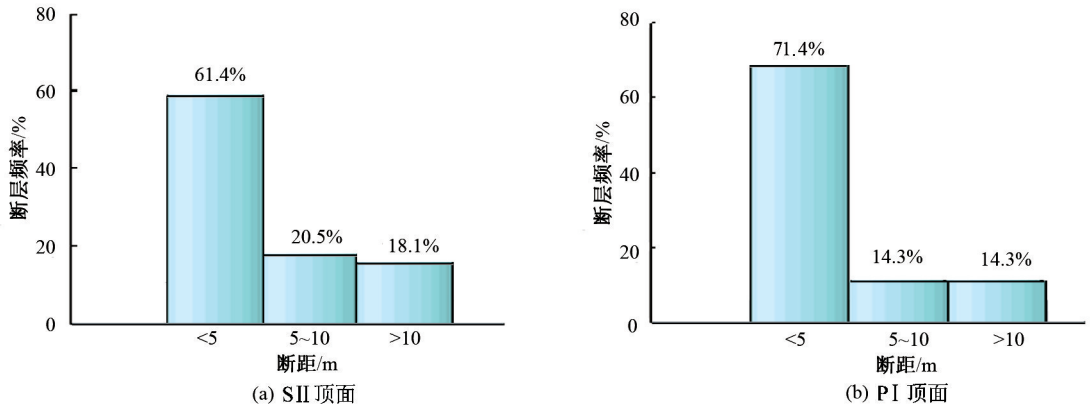


图 5 低级序小断层要素统计图

通过完善小断层及微构造解释技术，结合新钻井资料，对研究区重新进行构造精细解释后，构造断层发生了一些变化。结合构造、断层的变化情况对研究区井网、井距及开发状况进行分析，认为部分区域仍存在滞留区面积较大、注采关系不完善的现象，即仍存在注采系统调整的潜力。依据新的构造解释结果，设计转注采油井 16 口，采油井补孔 23 口，预计可增加可采储量 $5.92 \times 10^4 \text{t}$ ，预计转注井区提高采收率 1.08 个百分点。补孔完成 4 口井，初期日增液 29.3t，日增油 4.3t，综合含水率由 88.88% 下降到 87.05%，下降 1.83 个百分点。

6 结论

1) 通过正演模型指导、井断点引导、蚂蚁体断层识别、地震属性三维可视化识别等技术，初步形成了小断层及岩性变化的识别方法，减少了断层识别的多解性，提高了小断层的解释精度。

2) 依据研究结果，证实了研究区小断层的存在，准确落实了小断层的形态、走向。断层构造变化特征认识更加深入，依据断层认识成果，能够有效指导油田新井部署及开发调整工作，满足油田精细挖潜的需要。

[参考文献]

[1] 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): 1~4.

[2] 李操, 王彦辉, 姜岩. 基于井断点引导小断层地震识别方法及应用 [J]. 大庆石油地质与开发, 2012, 31 (3): 148~151.

[3] 刘彦, 孟小红, 胡金民, 等. 断层识别技术及其在 MB 油气田的应用 [J]. 地球物理学进展, 2008, 23 (2): 515~521.

[4] 王彦辉, 王欢, 李刚. 小断层的识别方法 [J]. 大庆石油地质与开发, 2000, 19 (5): 31~32.

[5] 胡平樱, 王群, 华美瑞, 等. 小断层综合解释技术在莫北油田莫 116 井区的应用 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2013, 35 (4): 1~5.

[6] 宗奕, 梁建设, 刘丽芳. 庙西凹陷构造特征 [J]. 岩性油气藏, 2012, 24 (1): 36~39.

[7] 王端阳. 基于三维地震解释的构造断层再认识 [J]. 油气田地面工程, 2013, 32 (5): 11~12.

[8] 姜岩, 李纲, 刘文岭. 基于地震解释成果的地震建模技术及应用 [J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23 (5): 115~117.

[9] 王东明. 井震联合技术在断层精细解释中的应用 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2011, 33 (9): 72~76.

[10] 周华健, 齐金成, 李艳丽. 井震结合断层研究方法在密井网中应用 [J]. 中国西部科技, 2011, 10 (12): 41~43.

[编辑] 龚丹