

安棚地区裂缝型油气藏勘探方法研究

李峰,张永华,付志方,朱军,罗家群,何坚

(河南石油勘探开发研究院,河南南阳 473132)

摘要 通过泌阳凹陷安棚地区三维地震资料解释、相干分析、可视化解释、双侧向测井、声电成像与地层倾角测井等技术应用,对裂缝发育程度与分布特征进行研究,发现裂缝发育程度与构造、地应力和沉积相带密切相关,构造缝主要集中在鼻状构造轴部,高角度裂缝的发育有效改善了深层系储层的渗流条件,在构造有利部位部署的 B252、B253、B262 等多口探井取得了较好的地质效果,2001 年在该区新增油气地质储量 1.230×10^4 t。

关键词 安棚地区,裂缝,相干分析,倾角测井,勘探方法

中图分类号 TE122.13

文献标识码 A

安棚鼻状构造带位于泌阳凹陷的南部深凹区(图 1),为一向东南倾没继承性的鼻状构造,北翼紧邻深凹区,南翼为郑老庄向斜。该构造形成时间早,位于生油中心内,利于油气的富集。油气主要集中在分布于核三段。埋深浅于 3 000 m 的核三上段中已发现了以岩性油气藏为主的赵凹油田,深于 3 000 m 的核三下段,由于紧邻南部边界,加之埋藏深度大,成岩作用属晚成岩 A3 亚期和晚成岩 B 期。深层系孔隙度为 5.36~6.87%,平均为 6.17%;渗透率为 $(0.62 \sim 5.57) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $1.88 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储层物性差。但由于物源来自南部的平氏砂体,具备形成大规模砂岩上倾尖灭油气藏和成岩物性油气藏的条件,利用新的工艺技术对该区开展裂缝预测,研究构造对裂缝分布和控制作用,确定有利相带,对该区勘探目标选择具有重要的意义。

1 解决问题的方法

裂缝分析方法主要有露头裂缝测量分析、地下裂缝探测。直接探测方法有岩心观测、井下照相,间接探测方法有测井、试油、地震方法。裂缝探测是从裂缝的成因分析入手,应用地震综合解释法、测井成像和数字模拟等方法对地下裂缝进行综合研究。

1.1 全三维解释技术构造描述

构造对油气聚集具有控制作用,构造的描述对裂缝的预测具有一定的指导作用。构造部位不同,裂缝发育程度不同,在曲率最大的鼻状构造轴部裂缝密度最大,而处于构造翼部的井裂缝较少。

1.2 相干体断层识别技术

三维相干分析可获得相干层位图,或把一个反射振幅三维数据体变换成为一个全新的相干数据体。相干体技术利用三维地震资料的信息,迭加纵横方向局部地震波形的相干性,提取地层不连续变化的信息,落实发现小断层微裂缝的发育情况^[1]。从相干体的切片上可以直接反映出断层或微裂缝的连续变化情况。

1.3 三维可视化技术

三维可视化技术可把三维地震数据体或相干数据体等,用平面的点、线与体相结合,显示时间

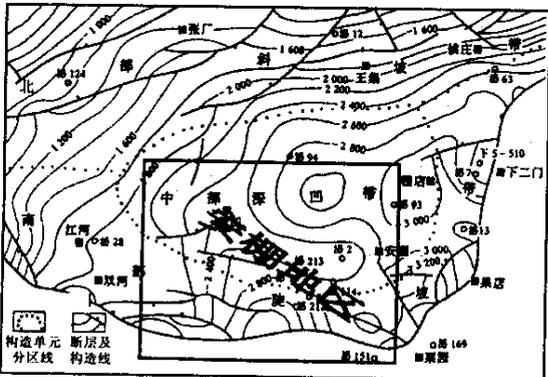


图 1 泌阳凹陷安棚地区位置
万方数据

收稿日期 2002-02-16, 改回日期 2002-09-28

作者简介 李峰,工程师,1969 年生。1991 年毕业于江汉石油学院,现从事油气勘探研究工作。电话 0377-3833161

切片,相干体切片,三维体映象,准确直观地确定断层的延伸切割关系,断点位置以及微裂缝的产状分布等变化规律。

1.4 用测井资料研究裂缝分布特征

利用双侧向测井、声、电成像测井结合其它测井方法研究裂缝发育状况和裂缝展布方位。

2 应用实例分析

2.1 通过构造形态研究,确定裂缝发育的有利区带

在安棚地区发育有白云岩层,由于白云岩的速度比周围砂泥岩速度高,从而导致地震剖面上反射特征的变化。地层中含油气丰度高低也有一定影响,含油气丰富将导致岩层地震速度降低。若以地震剖面常速成图必然出现假构造。首先对安棚鼻状构造带构造特征、储集特征及成岩作用进行研究。在层位的综合标定下,对该区核三段 H_3^1 、 H_3^2 、 H_3^3 、 H_3^4 等主要目的层进行追踪,利用建立的速度场进行变速成图。从构造图上(图2)明显看出,安棚鼻状构造带为一由北西向东南倾没的鼻状构造带。该构造主体长约 7.0 km,宽约 2.5 km,面积约 17.5 km²,从上到下,构造轴向沿顺时针方向偏转,构造幅度增加,两翼变陡。构造隆起幅度较大(150~350 m),两翼不对称,西陡东缓。该图进一步表明构造主体部位曲率值最大,裂缝相对较发育。

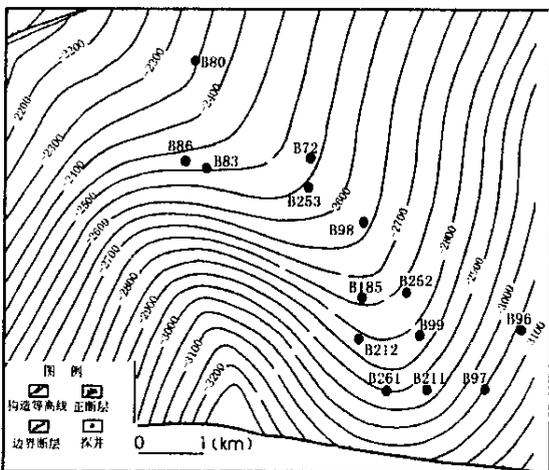


图 2 安棚地区下第三系核三段 V 砂组构造

2.2 利用测井资料研究裂缝

裂缝的电性响应特征:岩心观察表明本区主要为倾角大于 70°的高角度缝,少量水平缝和斜交缝。裂缝主要发育在较致密砂岩中,电阻率 80 ~

200 Ω·m,泥质含量小于 15%。

2.2.1 利用双侧向测井结合其它测井方法研究裂缝发育状况

在裂缝性致密储层中,影响双侧向测井响应主要有裂缝产状、孔隙度、流体电阻率、基质电阻率。高角度裂缝的双侧向测井呈正差异(R_{ld} 大于 R_{lls})相差 100~200 Ω·m,对于裂缝倾角小于 40°的低角度缝,双侧向测井呈负差异(R_{ld} 小于 R_{lls})相差 30~90 Ω·m,显然,其差异幅度比高角度裂缝的正差异幅度小得多。对于斜交缝双侧向测井变化大。双侧向测井的正、负幅度差反应了裂缝倾角变化^[2]。在安棚地区深层系对安 2020 井 3 039.6~3 066.4 m 取心分析,裂缝角度 85°,裂缝宽度较宽,双侧向为正差异,差异幅度大于 100 Ω·m。泌 254 井取心井段 3 028~3 044 m,裂缝角度 85°,双侧向正差异,幅度大于 100 Ω·m。泌 252 井井壁成像和声波全波资料反映的裂缝带,在双侧向测井上,都对明显的正差异。

水平缝发育井段反映为负差异,如泌 262 井 2 986~2 998 m 井段,泌 263 井 3 078~3 080 m 井段,差异幅度较小,一般为 20~30 Ω·m。对于高角度缝,在裂缝倾角不变的情况下,正差异幅度与裂缝孔隙度有关。由于安棚地区深层系主要为高角度缝,裂缝倾角一般在 85°左右,可以利用双侧向测井幅度特性观察到双侧向测井幅度差随裂缝发育程度而增加。同时利用双侧向测井资料结合其它测井资料如成像测井资料等,可对裂缝发育状况进行定性分析,在此基础上再进行半定量评价。定性研究裂缝发育规律。

2.2.2 利用声电成像测井资料确定裂缝发育程度和裂缝展布

安棚核三下段为低孔低渗储层,砂岩本身渗透性差,基质电阻率较高,能够应用成像测井资料对裂缝进行定性、半定量研究。高角度缝很容易在声、电高分辨率和高井眼覆盖率成像图像上直观识别^[3]。致密地层中张裂缝由于钻井液的侵入,电阻率降低,电成像图上呈暗色。在声波成像图上,张裂缝造成能量衰减,也呈暗色。水平缝在电成像图上,与泥质条带和层理面不易区分,需结合声成像图和自然伽玛曲线区分。溶孔、溶洞以其特殊的形状和分布在声电成像图上容易识别。同时利用地层倾角测井研究裂缝,因为垂直缝、高角度缝在对称极板上出现电导异常,电导异常的

电极板方位就为裂缝的延伸方位。

2.2.3 利用双井径分析法识别裂缝方位

因为裂缝段砂岩常出现井径定向垮塌,使倾角仪器转动异常出现“键槽效应”,借助井眼垮塌方向可判断裂缝延伸方向,图3是地层倾角测井的双井径资料所反映裂缝段裂缝方位为北东东向。

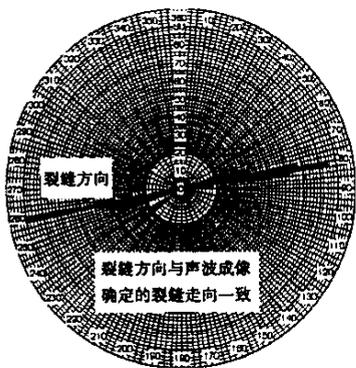


图3 B126井地层倾角测井椭圆井眼图

2.2.4 利用矢量图识别裂缝构造

裂缝构造作为一种面状构造,从该矢量图中可以看出主要张裂缝走向为近东西向(图4)。此外,常规测井资料如井径、密度测井资料和双侧向测井资料都能或多或少地反映裂缝的信息。在裂缝段井径定向垮塌,密度降低,双侧向电阻率出现显著的正差异(对于高角度)和负差异(对于低角质缝、水平缝)。这些都是常用的识别裂缝方法。

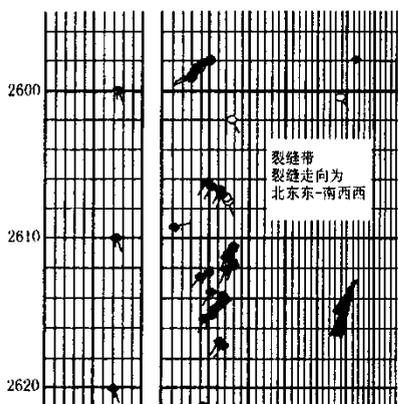


图4 B254井地层倾角测井倾角矢量图

3 裂缝特征与钻探效果

通过以上的研究认为,本区裂缝比较发育,在平面上主要集中在鼻状构造轴部,其发育程度与构造、地应力和沉积相带密切相关,高角度裂缝的

发育有效改善了深层系储层的渗流条件。

3.1 裂缝类型

从岩心观测、测井资料分析安棚鼻状构造带核三段裂缝、微裂缝大量发育,主要有高角度缝、水平缝、斜交缝等三类裂缝。高角度缝的裂缝倾角一般为 $70 \sim 90^\circ$,单条缝长 $0.2 \sim 0.5$ m,裂缝数量较少。层间水平缝的裂缝倾角一般小于 40° ,沿地层层理面发育,在高角度缝的串通下常常交织成网状,裂缝数量多 $35 \sim 90$ 条/m,水平缝发育于岩性较均一的中细砂岩中,尤其是在砂泥互层段水平缝最发育,且砂岩与泥岩接触面处裂缝密度最大,裂缝宽度最宽,这表明水平缝的发育与岩性分布、地下水活动密切相关。斜交缝的裂缝倾角一般为 $40 \sim 70^\circ$,发育较少,规模也较小,常与高角度构造缝伴生。此外,由于本区地应力释放,在岩心上可见垂直状如刀削的诱导缝,这类缝无储层意义。根据缝面平整性、有擦痕和晶体生长等现象,与上述高角度构造缝区别。

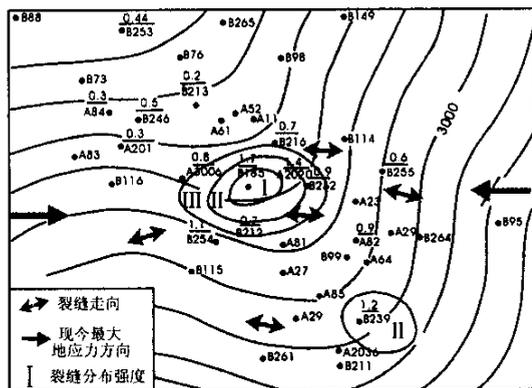


图5 安棚地区核三段Ⅵ砂组裂缝分布图

3.2 裂缝分布特征

(1)裂缝发育具有明显的层位局限性,刚性致密的砂砾中发育高角度缝,与其相邻的泥岩不发育或很少发育,水平缝则在分选好的中、细砂岩与泥岩接触处最发育。

(2)裂缝在平面上位于鼻状构造中部 A2020 井、B185 等井区最发育,且为高角度裂缝;鼻状构造北部 B246 井、A84 井区次之,以发育水平缝,网状缝为主,少量微垂直裂缝;鼻状构造南部裂缝发育较差。裂缝的这种分布与本区构造条件和沉积相带展布具有一定的成因联系。该区沉积受自南部、西南部的扇三角洲控制。近物源区岩性较粗,

(下转第 26 页)

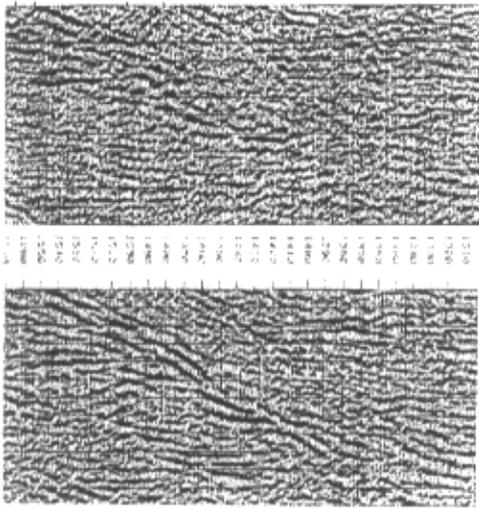


图3 新(下)、老(上)处理剖面对比

3 结束语

通过近两年的研究,我们得出了一套关于周口地震资料的处理方法。为周口坳陷石油勘探提供准确可靠的剖面。同时也为处理构造复杂的中深层地震资料积累一定的经验。

参考文献

- 1 牟永光.地震勘探资料数字处理方法[M].北京:石油工业出版社,1981
- 2 陆基孟.地震勘探原理[M].东营:石油大学出版社,1990
- 3 柯樵登.地震波理论[M].北京:地质出版社,1988
- 4 贺振华.反射地震资料偏移处理与反演方法[M].重庆:重庆大学出版社,1989

编辑:吴官生

(上接第23页)

分选差,发育高角度构造缝,离物源较远的北部区岩性较细,物性较好,利于形成水平缝。

(3)砂岩裂缝改善了储层的渗流条件。储层优劣的决定性因素主要是沉积相和成岩作用,裂缝对深层储层的物性有明显的改善。泌246井水平裂缝最发育,其全直径分析的孔隙度与常规分析基本相同,全直径分析的渗透率比常规的高2~4倍,砂岩中裂缝改善了渗流条件。从鼻状构造轴部的泌252井深层系铸体薄片观察,微裂缝十分发育,该井压裂后获得高产工业油气流。

3.3 裂缝成因分析

受凹陷沿边界大断裂走向沉降量的差异影响,使安棚鼻状构造带继承性隆起,构造轴部受到相对向上拱升张力,在构造两翼则受到相对的水平挤压应力,这在砂砾岩脆性地层必然会产生一系列近东西走向的张性裂缝和微裂缝。

3.4 钻探效果

通过开展裂缝型油气藏勘探方法研究,总结了复杂储层测井响应特征,预测出该区构造轴部为裂缝发育的有利相带,并部署B252、B253、B262等多口探井取得了较好的效果,2001年在安棚鼻状构造带新增油气地质储量 1.230×10^4 t。

参考文献

- 1 Reinaldo J. Midelena, Ezequiel Gonzalez S. M. and Mariangela Capelo Dep. Similarity analysis: A new tool to summarize seismic attributes information[J]. The Leading Edge, 1998, 17(4): 545~548
- 2 Tobola D. P. and Holdth S. A. Determination of reservoir permeability from repeated induction Log[J]. SPE, March, 1991
- 3 Laubch S. E. A method to detect natural fractures strike in sandstone[J]. AAPG Bulletin, 1977, 81(4): 604~623

编辑:彭刚