

· 综合研究 ·

# 白音查干凹陷桑合地区油储地球物理特征研究

张亚敏 \* ①②

(①长安大学地球科学与国土资源学院, 陕西西安 710054; ②西部矿产资源与地质工程教育部重点实验室, 陕西西安 710054)

张亚敏. 白音查干凹陷桑合地区油储地球物理特征研究. 石油地球物理勘探, 2009, 44(5): 613~616

**摘要** 利用地质、测井及地震资料, 系统分析了白音查干凹陷陡坡带桑合地区都一段含油砂层组的储层地球物理特征。该区砂泥岩薄互层砂岩的阻抗特征不明显, 单一的储层预测方法不能有效地进行储层预测。通过地震多属性分析、波阻抗反演, 在地质规律的指导下采用多信息综合储层预测的方法对这种薄砂层进行了预测, 砂体在地震多属性分析预测结果上有很好的反映, 砂泥岩厚度的横向变化细节也刻画得非常好, 预测结果与实钻资料比较吻合。2008年在近洼带预测目标上成功钻探了C35井, 发现了富集区块, 控制地质储量数百万吨, 实现了高效勘探。

**关键词** 属性分析 砂体类型 岩石物性 储层预测 白音查干凹陷

## 1 概述

白音查干凹陷位于二连盆地西缘, 为北断南超的箕状凹陷, 勘探面积约 3200 km<sup>2</sup>。沉积盖层为砂泥岩剖面, 自下而上由中生界下白垩统阿尔善组、腾格尔组、都红木组、赛汉塔拉组和上白垩统的二连达布苏组组成, 阿尔善组、腾格尔组、都红木组为烃源岩和目的层。

该凹陷的油气勘探始于 20 世纪 80 年代初, 1996 年在陡坡带完成三维地震勘探, 到 2003 年底, 发现了 C9 井高产富集区块, 当年探明储量达 600 × 10<sup>4</sup> t; 近年来, 利用三维地震技术精雕细刻, 在桑合西又发现了 C27、C30、C32 富集区块; 2008 年, 应用储层预测技术, 在近洼带钻探 C35 井, 发现新的高产富集岩性油气藏, 控制地质储量数百万吨, 实现了高效勘探(图 1)。2008 年底该凹陷年生产原油能力超过 10 × 10<sup>4</sup> t。

桑合地区位于白音查干凹陷北部陡坡带(图 1), 受边界大断层控制, 在浅层形成断鼻构造, 具有圈闭发育早、面积较大、近油源的特点, 水下扇砂体发育, 具备高产富集的成藏条件。含油层系为下白垩统都红木组都一段, 从上向下又可分为 I、II、III、IV 四个砂层组, II、IV 砂层是主要含油层。

都一段岩性在纵向上由下而上由粗变细, 主要为灰白色砂砾岩—灰色砾状砂岩—灰色细砂岩—灰色粉砂岩、泥质粉砂岩—灰色粉砂质泥岩、灰色和深灰色粉砂质泥岩、泥岩、页岩; 沉积相为扇三角洲、滨浅湖—半深湖—深湖相<sup>[1,2]</sup>。

都一段在平面上北部砂体较发育, 向南明显减薄并尖灭, 发育为白云质泥岩; I、II、IV 砂组砂岩分布极不稳定。I 砂组在 C27 区块发育, II、IV 砂组在 C9 区块发育(图 1)。

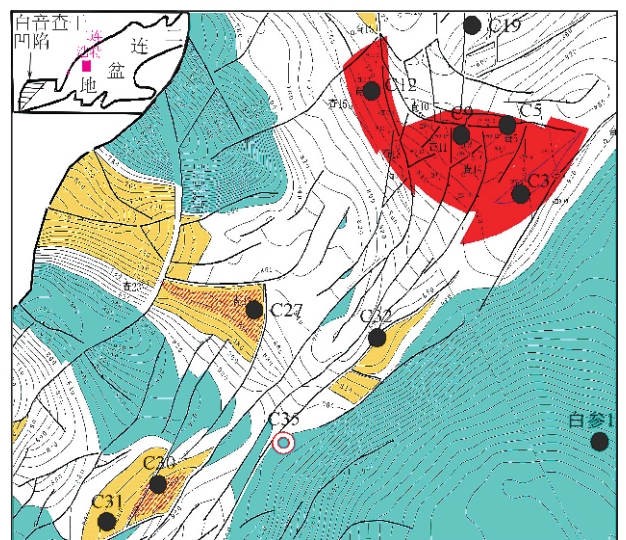


图 1 桑合构造都一段顶面构造图

\* 陕西省西安市长安大学地球科学与国土资源学院, 710054

本文于 2008 年 11 月 4 日收到, 修改稿于 2009 年 6 月 3 日收到。

中石化“十条龙”重点科技攻关项目“中原油田复杂断块油藏提高采收率技术研究”(P01034)。

## 2 储层岩石物理特征

### 2.1 测井资料评价及标准化校正

由于各井使用的测井仪器及测量环境不完全相同,所以对测井资料的影响也不同。为了消除非地层因素造成的测井数据偏差,对原始测井资料要进行合理的校正,即测井资料标准化,包括单井测井曲线的校正以及工区内测井资料的统一校正。另外,受泥页岩以及白云质泥岩的影响,一些远离物源的井,自然伽马曲线表现为很高值的梳状,声波低值、密度高值,很难区分砂泥岩。不同区块或不同构造部位,相同岩性的测井响应也不同,因此必须对测井曲线做标准化校正以使其能较好地反映岩性和物性。利用交会图技术进行单井测井曲线校正,能直观判断岩性。方法是在已知岩性并且井眼规则的取心井段,作中子—密度、中子—声波交会图,分析交会图上数据点分布情况。若交会图上的绝大多数数据点密集于解释图板的已知岩性线附近,则测井曲线不需要校正;若偏离解释图板的岩性线,则对测井数据做校正<sup>[3]</sup>。校正前交会井段的数据点多数落在了砂岩线以外,认为是地层埋藏较浅欠压实造成的,需对整条测井曲线直接进行加减校正,校正后的交会数据频率点基本都落在了砂岩线上(图2)。

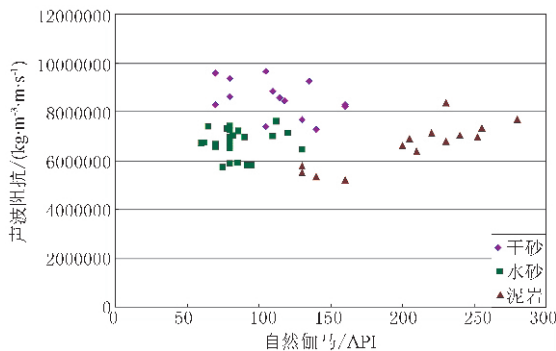


图2 都一段I砂组岩性(自然伽马)与阻抗交会图

本次研究选取都二段稳定泥岩作为参考层,对研究区不同井的测井曲线资料进行了合理的统一校正,即测井资料的标准化。

### 2.2 储层岩石地球物理特征分析

都一段各砂层组的岩石物理特征不同,在进行储层预测时应区别对待。图2是都一段I砂组岩性与阻抗交会图,图中致密干砂层阻抗最高,渗透性含

油和含水砂岩次之,泥岩阻抗值略低。其中相当一部分泥岩的阻抗值与砂岩重叠,这是由于一部分井在都一段I砂组的岩性为白云质泥岩,密度测井值较高,声波时差值较小,白云质泥岩的密度值比非白云质泥岩的密度值平均高约 $0.16\text{g}/\text{cm}^3$ ,而声波时差值则要小约 $20\mu\text{s}/\text{m}$ <sup>[4,5]</sup>。

### 2.3 地震反射特征

地震反射界面具有双重意义,它既代表一个波阻抗差界面,又是一个具有年代地层意义的界面,可反映时间—地层界面或岩性—地层界面。地震反射是地下地层特性的相互差异造成的,尽管波阻抗界面常形成于不同年代的岩层之间,但波阻抗却与岩性密切相关。同一时期形成的沉积地层,在横向上也存在波阻抗的变化,这些变化会体现在地震反射同相轴的横向变化之中。通过对连井地震剖面进行标定及对比分析,认为地震资料可以较好地反映砂体的横向变化特征及垂向不同沉积期次砂体的叠加<sup>[6,7]</sup>。图3反映了C3—C19井之间的地震反射特征的变化,在C3井附近IV砂组的地震振幅较强,而I砂组的振幅相对较弱;在C12井II、III砂组振幅较强;到C19井I砂组的振幅相对强,反映了砂体分布逐渐向岸线方向退缩。

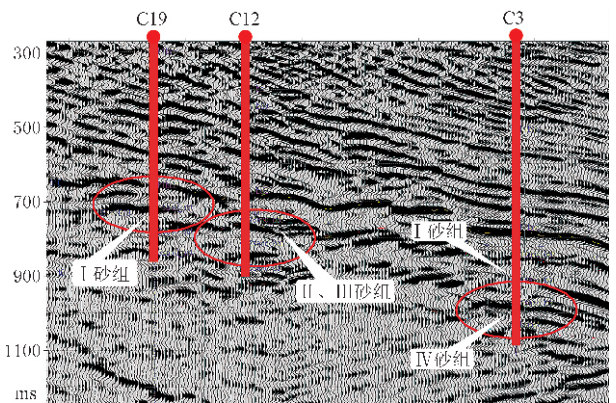


图3 过C3—C12—C19井连井线剖面

## 3 地质规律指导下的多信息综合储层预测

充分结合区域地质认识,以地震—地质模型为指导,结合精细地层对比、精细构造解释、宏观沉积相研究成果、波阻抗反演和地震多属性分析,将井资料数据和三维空间上的地震数据合理结合、有效外推,在地质规律的指导下采取多信息综合储层预测

的方法能可靠地描述砂体的展布特征和规律<sup>[8]</sup>。

### 3.1 合成地震记录标定砂体

为了合理可靠地建立起地震信息和地质参数的联系,在等时砂组划分的基础上,对研究区 30 余口重点井进行了合成地震记录制作及砂层组的地震反射层位标定。标定结果表明,目的层反射波组特征明显、对应关系较好,都一段顶界对应稳定的强反射界面(图 4)。利用该合成地震记录获得了研究区准确的时深转换关系。

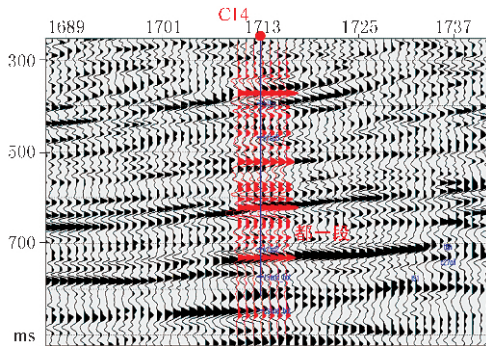


图 4 合成地震记录与地震剖面

### 3.2 地震属性提取及分析

地下任何地质体及其性质的变化都将引起其地震响应信息发生相应的变化,地震数据携带大量的储层地质信息。在精细层位标定和反射层解释的基础上,利用沿层段开窗提取均方根振幅等属性进行地震相分析,研究砂体分布<sup>[9]</sup>。图 5 是沿层提取的 I 砂组的均方根振幅分布图,振幅较强的地方对应砂岩发育区(红色代表强振幅值),反映了研究区北西、北东方向多物源。

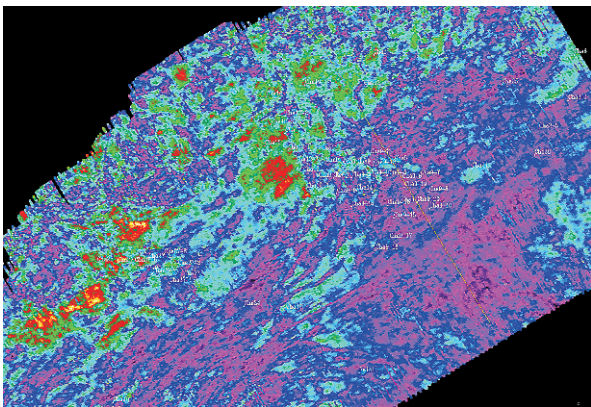


图 5 I 砂组均方根振幅分布图

### 3.3 砂体综合预测与效果分析

经过保真处理的地震响应可以反映地层信息的变化,因此利用地震响应信息可以对地层岩性、厚度

以及相变等地质特征进行研究。地震信息是一种间接测量的数据,并且是一个综合信息的集合体,与地质体之间不能建立简单、具体的对应关系。实际上利用地震资料进行岩性预测就是将井数据和三维空间上的地震数据有机结合,在地质分析的基础上采用地震反演、属性分析等技术手段,在地质规律的指导下开展地震地质多参数综合储层预测,尽可能逼近地质体真实特征<sup>[10,11]</sup>。

在储层预测中,通常将井的数据看成是硬数据,地震数据看成是软数据,是不确定的数据,地震资料需服从于井数据。但是地震属性与所预测的储层参数之间的关系极其复杂,在已经优选后的地震属性的基础上,如何准确建立起地震属性与预测参数之间的定量关系,是实现利用地震属性转换为储层参数的关键。地质统计学是将空间随机变量的统计、估计技术用于解决地质、地球物理问题的方法,包括根据相关性和概率原则对测量数据进行内插和外推的技术。在地震属性分析中使用地质统计学方法,就是利用一定的数学算法和直接推断的统计学原理对地震属性进行标定,并转换为储层物性参数。该方法要求使用测井资料作为控制点,对地震数据进行严格的标定。目前利用属性参数开展储层参数定量预测分析的常用方法主要有:多元回归分析、相关滤波、克里金预测技术、神经网络技术和非参数回归分析等<sup>[12,13]</sup>。

采用地质规律指导下的多信息综合储层预测手段对研究区都一段 I、II、IV 砂组砂岩厚度进行了综合预测(图 6)。通过与实际资料对比分析认为,C9 区块和 C27 区块预测砂岩厚度与实际井揭示的砂岩厚度基本吻合,同时图中砂岩厚度平面分布特征表明在 C23 和 C16 井砂岩相对发育,与西北部多个物源的地质认识是一致的。

综合地质分析、构造特征、油气成藏、储层预测砂体分布成果,提出了 C27 西、C27 东、C30 东及 C32 南 4 个有利勘探目标,这四个目标都邻近已发现的主要含油区块,油气成藏受构造和岩性的双重控制,埋藏深度适中,成为勘探的重点目标。2008 年在 C30 井东的目标上钻探了 C35 井,该井在都一段见到良好的砂体和油气显示,其中 906~1811m 井段见到油斑显示 1 层 3m,油迹显示 11 层 17.5m,荧光显示 25 层 42.5m,电测解释油层和可疑油层几十米。该井试油成功产出,标志着在陡坡近洼陷带

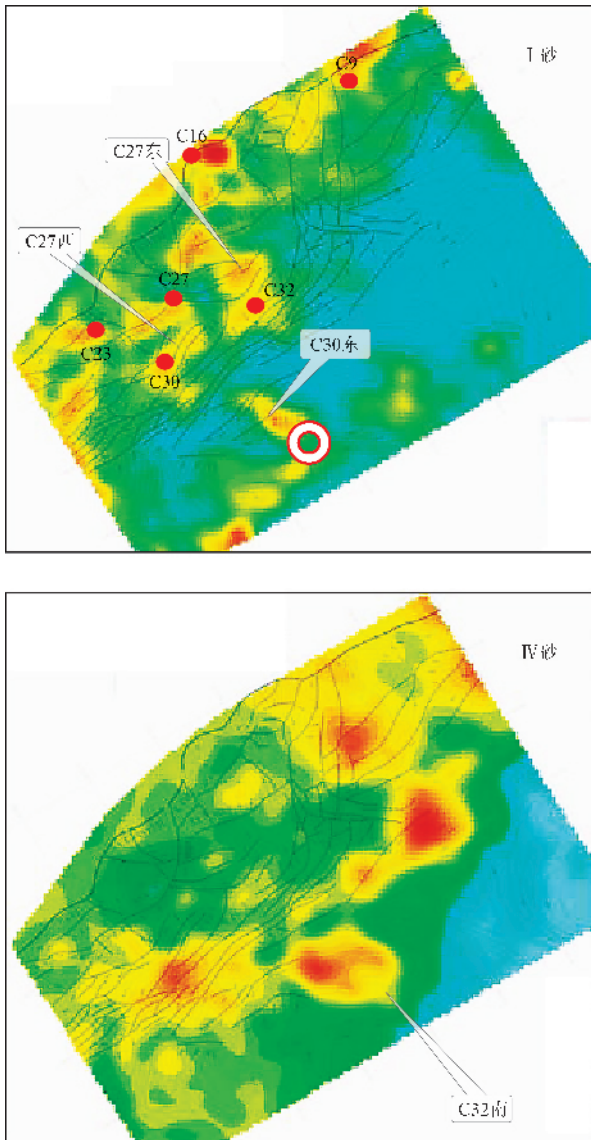


图6 预测砂岩厚度与构造叠合图  
上为I砂组,下为IV砂组

发现新的富集区块,进一步证实了北部陡坡带下洼勘探的潜力和前景。

## 4 结论

(1)白音查干桑合地区都一段油层组主要发育

扇三角洲砂体,表现为砂泥岩薄互层沉积,砂岩的岩石物理特征不突出,利用常规地震反演和单一方法不能有效地与泥岩区分开。

(2)在地质规律指导下,利用地震多属性分析、波阻抗反演和提取均方根振幅等方法对目标砂体进行预测,能有效提高预测精度,预测效果与实钻资料比较吻合,钻探效果明显。

## 参考文献

- [1] 陈业全,陈发亮,杨小波.东濮断陷湖盆兰聊陡坡带扇体形成机制及成藏规律研究.地球物理学进展,2004,19(2):348~356
- [2] 陈萍.泌阳凹陷陡坡带砂砾岩体预测.石油勘探与开发 2006,33(2):198~200
- [3] 赵庆国,赵华,朱应科.测井约束地震反演技术在河4井复杂断块区的应用研究.石油地球物理勘探,2004,39(6):706~710
- [4] Haldorsen H H, Damsleth E. Challenges in reservoir characterization. *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists*, 1993, 77(4): 541~551
- [5] 张以明,康洪全,沈华等.碎屑岩储层预测技术适用性研究.石油地球物理勘探,2008,43(4):447~452
- [6] 张亚敏,张书法,钱利.地震资料反演砂岩孔隙度方法.石油物探,2008,47(2):136~140
- [7] 杜世通.地震技术识别和描述超薄储层的潜力与局限.石油地球物理勘探,2005,40(6):625~662
- [8] 苑书金.鄂尔多斯盆地大牛地气田下石盒子组地震储层预测技术的研究和应用.石油地球物理勘探,2008,43(1):48~52
- [9] 慎国强,王玉梅.垦71地区油藏开发中的精细储层反演研究.油气地球物理,2008,6(1):31~33
- [10] 刘书会,张繁昌,印兴耀等.砂砾岩储集层的地震反演方法.石油勘探与开发,2003,30(3):124~125
- [11] 杨培杰,印兴耀,张欣.叠后地震盲反演及其应用.石油地球物理勘探,2008,43(3):284~290
- [12] Stewart R R, Gaiser J E. Converted wave seismic exploration; Methods. *Geophysics*, 2002, 67 (5): 1348~1363
- [13] 曲寿利.地震勘探技术的发展促进油气勘探新发现——以胜利油田40年地震勘探历程为例.石油地球物理勘探,2005,40(1):366~370

(本文编辑:冯小球)