

提高 DND 气田储层预测精度和井位部署成功率的对策

张卫华^{1,2}

(1. 中国地质大学, 湖北武汉 430074; 2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院南京石油物探研究所, 江苏南京 210014)

摘要: DND 气田上古生界储层具有厚度薄、横向非均质性强和煤层强反射干扰的特点, 精确的地震储层预测十分困难, 导致依据地震储层预测结果部署井位存在极大的风险。通过对 DND 气田储层发育地质特征和地震储层预测结果的综合分析, 提出了提高 DND 气田储层预测精度和井位部署成功率的对策: 充分发挥地质指路作用, 以地质认识指导和约束地震储层预测; 重视正演模拟和井点解剖寻找储层的地震反射结构; 注重敏感属性的应用; 充分认识反演储层预测中井约束的局限性, 注意反演横向分辨率低的陷阱; 加强钻井跟踪研究及时调整储层预测结果和井位部署。

关键词: DND 气田; 井位部署; 储层; 成功率

中图分类号: P631.445

文献标识码: A

在 DND 气田 JK15 和 JK16 井取得重大发现后, 为尽快扩大天然气产能, 围绕 JK15 井又部署了 J6, J7, J8, J9 和 J10 等井, 但均未取得理想的效果。经过地震储层预测后于 2004 年重新部署了 9 口井, 除 JK17 井和 JK20 井外, 其他 7 口井均获高产的工业气流, 取得了重大的突破, 拉开了 DND 气田开发的序幕。但随后围绕 JK16 井部署的井、JK23 井和 JK27 井等均告失利, 围绕高产井(区)部署的井失利说明了 DND 气田储层发育的复杂性和井位部署的高风险性。要实现“多打高产井、少打低产井、避免落空井”的开发目标, 必须提高储层预测的精度, 减少地震储层预测的多解性。如何做到精确的储层预测以提高井位部署的成功率? 勘探开发实践已证明, 单纯依赖地震预测方法不能大幅度提高储层预测精度。本文在对工区储层预测难点分析的基础上, 从地质认识和物探方法结合的角度, 提出了提高 DND 气田储层预测精度和井位部署成功率的几项对策及应用储层预测成果部署井位时需要注意的几个问题。

1 DND 气田储层预测的难点

DND 气田上古生界储层主要发育在二叠系下石盒子组、山西组和石炭系太原组, 均为砂岩储集层^[1,2]。目前区内的主力产气层下石盒子组储层是典型的陆相碎屑岩沉积, 气藏类型为典型的岩性气藏, 寻找气藏的关键在于寻找储层, 但储层具有横向非均质性强、厚度薄等特点, 精确的储层预测

有相当大的困难。储层预测的难点主要表现在以下方面。

1) 储层与围岩物性差别小, 波阻抗反演难以识别储层。

DND 气田几套主力储层均具有低孔、低渗的特征, 对塔巴庙区块 170 多个有效储层进行统计, 孔隙度范围为 4%~19%, 平均为 9.02%。储层的低孔、低渗特征导致其与围岩的物性差别小。砂泥岩速度差别小, 部分地区还存在速度倒转问题, 导致依靠波阻抗反演识别储层存在相当大的多解性, 甚至会误导。这样依据波阻抗与物性关系进行的物性反演变得意义不大。

2) 储层横向变化大, 非均质性强, 空间刻画难。

下石盒子地层岩性变化快、砂体厚度变化大, 小层对比困难, 盲目地采取多属性综合应用和反演资料难以精确地描述储层, 储层的空间延伸规律难以确定, 导致井位部署时存在较大的风险。

3) 煤系地层强反射淹没了储层反射。

山西组、太原组发育煤层, 煤层引起的强反射掩盖了储层的地震响应信息, 使储层识别更困难。

4) 地震资料主频低, 频带窄与薄储层预测的要求存在矛盾。

由于沙漠表层对能量有一定的吸收作用和复

杂的低降速层引起的复杂干扰波,导致资料的信噪比和分辨率较低,与分辨薄储层的要求存在一定的差距^[3],特别是华北分公司提出了储层预测要实现从“预测复合砂体向预测单砂体的转变”的目标,更凸显出应用地震资料解决的地质问题与地质目标间的差距。

2 常规地震储层预测解决方案

针对 DND 气田储层预测的难点,多家物探技术服务公司提出了不同的解决方案,基本的思路均是利用地震属性控制砂体的横向展布,利用反演求取砂体厚度。各家的属性技术趋于一致,主要是利用振幅属性预测砂体的横向展布。各家反演技术有所不同,比较典型的有拟声波波阻抗反演技术和随机反演技术。拟声波波阻抗反演技术是通过寻找对岩性敏感的测井参数构建拟声波曲线,通过反演得到拟声波阻抗,用拟声波阻抗区分不同的岩

性。从整体思路上看,它应是一种比较好的寻找煤系储层的方法。随机反演加入了井在纵横向上的约束距离,具有一定的地质意义,但前提是对工区的地质情况应有一定的了解。针对煤系储层和地震主频偏低的特点,一部分物探技术服务公司提出对地震数据体进行提频和拓频改造,但数据的提频和拓频改造是有限的,满足不了煤系储层预测主频需到 100 Hz 左右的要求。

DND 气田内还开展了含气性检测工作。主要通过电阻率反演、吸收系数和频谱成像等方法间接或直接检测含气性,取得了一定的效果。

从目前常规储层预测取得的成果和认识来看,地震储层预测在 DND 气田勘探开发中虽然发挥了巨大的作用,但离“多打高产井,少打低产井,避免落空井”的要求还有一定的距离,甚至在目前高产区内布的井也存在相当数量的落空井和低产井(图 1)。如何提高储层预测精度仍是 DND 气田开发面临的主要问题之一。

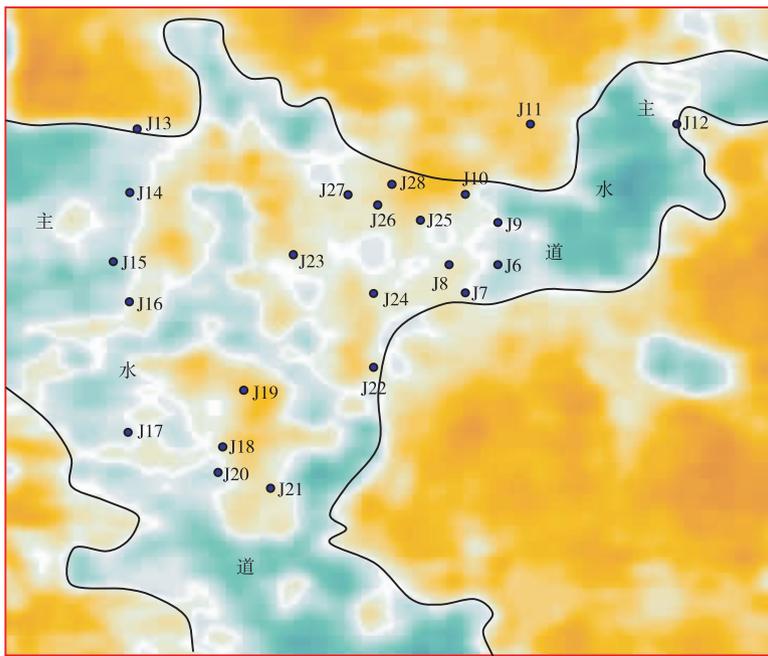


图 1 盒 3 段失利井在盒 3 段沉积背景上的位置

3 提高储层预测精度的方法

如何减少储层预测的多解性,进一步提高储层预测的精度?从地震技术的角度,目前还没有更好的方法大幅度提高 DND 气田储层预测的精度。提高储层预测精度要从储层预测的思路着手,从地质和物探结合的角度出发,以地质的观点和认识指导地震储层预测,最大限度地降低储层预测的多解

性。为此,提出了相控储层预测的解决方案,基本思路是:利用地质资料和地震资料研究工区内的构造沉积特征,寻找储层发育的总体规律;利用井资料和地震资料寻找储层预测的敏感性参数;利用正演模拟研究储层的地震响应特征,并与实际的地震资料进行对比,利用井资料作为控制,确定储层在实际地震剖面上的响应特征,划分出有利的地震相带,以有利的地震相带约束属性和反演;但有利地震相带内的异常体并不能完全反映储层的质量;要

获得优质储层,还必须从储层的沉积环境出发,寻找在有利沉积环境内发育的储层,即利用前期获得的沉积相作为控制提高储层预测的精度,寻找在有利沉积相带内发育的储层^[4]。

从盒3段有利的沉积相带展布(图1)上看,用沉积相对属性预测的结果进行约束能成功地避免低产井和落空井。图中,在主水道区发育的砂岩岩性和物性均较好,一般为石英砂,储层的孔渗性好,是天然气聚集的有利区;在主水道外的砂岩,岩性和物性差,一般为泥质砂或粉砂岩,孔渗性差,气藏不发育。根据这种特征,可以将属性预测出来的异常体(砂岩)投影到沉积相图中,提取在主水道中的砂体,间接预测天然气分布有利区。利用该思路进行井位部署成功率在90%以上,取得了良好的效果。

从目前井位部署和实钻效果看,相控储层预测是目前提高 DND 气田储层预测精度现实可行的方法之一。

4 提高 DND 气田井位部署成功率的对策

精确的储层预测是提高 DND 气田井位部署成功率的关键,但不论采取何种储层预测思路和方法,储层预测的多解性并不能完全排除,井位部署的风险性依然存在。通过长期的研究,认为要提高 DND 气田井位部署的成功率,必须注意以下几个方面的问题。

1) 注重正演模拟和井点地震资料的解剖。

储层的反射结构是直接识别储层最为直接和有效的方法,有利反射结构的获得取决于地震资料的品质和对储层反射结构的认识。通过正演模拟可获得不同岩性组合下地震反射特征,将井点处储层反射结构与正演模拟的结果进行对比,寻找相同或相似沉积环境内具有普遍意义的储层反射结构,并将这种反射结构作为井位部署的重要依据^[5]。在 DND 气田的 JK25 - J52 井区盒3段,找到了2种有利的反射结构(图2)。一类是几何形状表现为凸镜状的强反射,其下为弱反射且同相轴有交叉合并现象,反映下伏地层变薄和岩性界面的改变,可能是由于河道下切造成的,应是主河道沉积部位;从钻井结果看,如盒3段具有该反射结构,其砂体的储集性能好,且含气性好。另一类是几何形状表现为短轴状的强反射,其下也为弱反射,亦反映高能水道下的砂体沉积;如盒3段具有此类反射结

构,其砂岩的含气性亦相当好。单依据该反射结构部署的井位成功率就在85%以上。

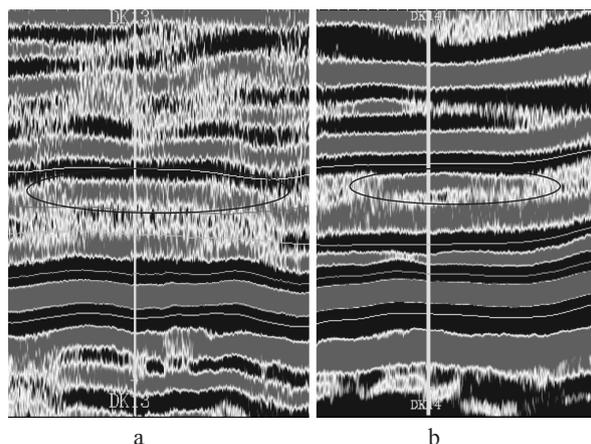


图2 盒3段2种有利的反射结构

a 凸镜状反射; b 短轴状反射

2) 注重敏感属性的选取。

目前可提取的地震属性多达数百种,在储层预测时不可能也没有必要提取这么多的地震属性^[6~8]。在应用地震属性时,应强调敏感属性的选取,可通过不同的方法选取敏感的有针对性的地震属性;不强调多属性的综合应用;多属性综合应用的结果由于非敏感性属性的干扰导致地震属性预测的精度大大降低。DND 气田储层预测的敏感属性是振幅属性,相位、频率和几何属性敏感性较差。

3) 注意反演陷阱。

反演资料能提供定量的储层厚度和物性信息,是目前井位部署主要参考的资料之一。但必须注意到反演的横向分辨率低,多解性强,约束井的多少决定了反演结果的精度,因此在应用反演资料时必须十分慎重,一般情况下井点的选择尽量不用反演资料,而是在井点选择好后利用反演提供储层的定量信息。图3是不同数量井约束下的反演剖面。图3a是3口井约束结果,目标储层在横向上延伸范围有限;图3b是2口井约束的结果,储层在横向上的分布均匀稳定。图3说明如果仅依据反演结果部署井位将存在极大的风险。

4) 加强钻井跟踪研究。

再精确的钻前预测也不能完全避免落空井和低产井,这要求及时分析解剖已完钻井,分析成功和失利的原因,以此指导下一轮的井位部署和对已部署的开发井位进行及时调整。钻井跟踪研究也是提高 DND 气田钻井成功率的有效手段之一。通过对 JK25 - J52 井区的钻井跟踪,及时发现了4-6井和4-13井等井的失利原因,并对与其具有相同地震响应特征的井位进行了调整,在部署新的

井位时避开具有相同地震响应特征区块。及时的钻井跟踪降低了开发井部署的风险,是“多打高产井,少打低产井,避免落空井”的有力保障之一。

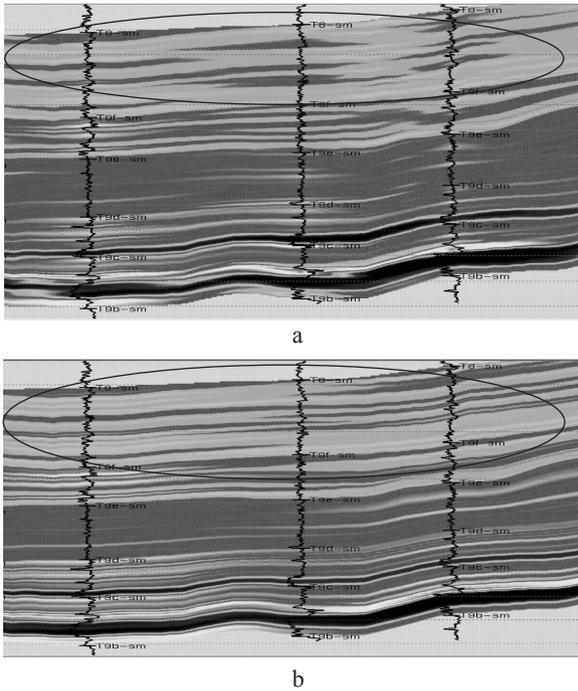


图 3 不同数量井约束下的反演剖面
a 3 口井均参加反演; b 中间井不参加反演

5) 井位部署应坚持逐点敲定的原则。

开发井的部署一般采取井网形式大量部署,但在河流相沉积非均质性强的 DND 气田,只能根据河道的走向进行逐点敲定。在非均质性特别强的 JK25-J52 井区盒 3 段砂体最大的展布宽度不超过 2 000 m,一般仅 400 m 左右。根据井网进行部署则 75% 以上的井会落在储层外,所以在 DND 气田进行井位部署必须坚持逐点敲定的原则。

6) 坚持“整体部署、分批实施、动态调整”的原则。

该原则是华北分公司根据 DND 气田开发现状和开发要求提出的,具有实际的指导意义,但在具体实施中由于 DND 气田开发进度太快,没有很好地坚持该原则。在今后的开发过程中将面临更复杂的地质情况,储层预测的多解性更强,为提高开发井的成功率必须强化这一原则,将失利井的比

例降到最低。

5 结论

DND 气田储层空间变化的复杂性和地震资料解决地质问题能力的限制决定了精确地预测 DND 气田储层相当困难。相控储层预测是提高 DND 气田储层预测精度一种较好的方法,也为提高类似 DND 气田的复杂碎屑岩储层预测精度提供了一种现实可行的方法。但即使有比较精确的储层预测成果,在井位部署时仍然应坚持和注意多方法的联合应用,尤其要注意挖掘地震剖面识别储层的能力,从剖面直接提取储层的响应特征;同时要注意敏感属性的选择和反演的陷阱。要提高 DND 气田井位部署的成功率除了要注意上述技术方面的问题,还要注意钻井的跟踪研究,并坚持“整体部署、分批实施、动态调整”的原则。

感谢南京物研所“DND 气田”项目组的支持与帮助。

参 考 文 献

- 侯洪斌,牟泽辉,朱宏权. 鄂尔多斯盆地北部上古生界天然气成藏条件与勘探方向[M]. 北京:石油工业出版社, 2004. 4~8
- 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京:石油工业出版社, 2002. 33~38
- 云美厚,丁伟,王新红. 地震水平分辨率研究[J]. 勘探地球物理进展, 2005, 28(2): 103~107
- 刘友年,史海英,蔡先华. 岩性圈闭识别技术在松南长岭凹陷腰英台地区的应用[J]. 石油物探, 2005, 44(6): 588~592
- 王永刚,乐友喜,曹丹平等. 河道砂体含油性判别方法[J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(4): 459~462
- 凌云,孙德胜,高军等. 基于三维地震数据的准层序组内沉积体的解释研究[J]. 石油物探, 2005, 44(6): 569~577
- 鲍祥生,尹成,赵伟等. 储层预测的地震属性优选技术研究[J]. 石油物探, 2006, 45(1): 28~32
- 印兴耀,周静毅. 地震属性优化方法综述[J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(4): 482~489