

doi: 10.11720/wtyht.2018.1379
秦童,蔡纪琰,王改卫,等.石臼坨凸起陡坡带高速异常区时深转换研究[J].物探与化探,2018,42(3):589–593.http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1379
Qin T, Cai J Y, Wang G W, et al. A study of time-depth conversion of high-velocity anomaly area in the steep slope zone of Shijiutuo uplift[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2018, 42(3): 589–593. http://doi.org/10.11720/wtyht.2018.1379

石臼坨凸起陡坡带高速异常区时深转换研究

秦童,蔡纪琰,王改卫,薛明星

(中海石油(中国)有限公司天津分公司 渤海石油研究院,天津 300459)

摘 要: 时深转换是利用地震资料进行构造和储层解释的重要环节。前人针对不同地质条件,采用不同方法开展了大量卓有成效的工作。然而凸起陡坡带近源扇体所造成的高速异常具有分布局限、异常显著、变化剧烈的特征,常规时深转换方法均存在一定适用性不足。针对研究区的特定地质条件,提出了石臼坨凸起陡坡带东营组地层高速异常区时深转换技术对策:在成因分析的基础上利用地震相技术刻画高速异常区边界,应用地震速度异常识别技术描述高速异常幅度;地震相、地震速度、井点误差相结合实现时深转换,最终获得更具有地质意义的时深转换结果。实际应用表明,该方法在常速区的时深转换与常规方法基本一致,而在异常区的时深转换更符合地质规律,从而取得了良好的应用效果,有力支持了该含油气构造的储量评价。

关键词: 石臼坨凸起;陡坡带;东营组;横向高速异常;时深转换

中图分类号: P631.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2018)03-0589-05

0 引言

石臼坨凸起南部地区历经多轮次勘探,在西段陡坡带终获得重大发现,已钻井显示油层单层厚度大、累计厚度大、测试产能高,初现大油田曙光。在后续评价中发现该含油气构造东营组地层沉积环境复杂,邻近井之间存在明显速度差异,给时深转换带来一定困难。因此,开展石臼坨凸起陡坡带东营组地层地震地质联合时深转换研究,对于顺利完成储量评价并合理开发该油田具有重要的指导意义。

在地震资料解释中,时深转换是将地震数据从时间域向深度域转换的一个重要桥梁^[1-2]。为了求取精准地震速度,探索出多种时深转换方法,如区域平均速度法、井点拟合法、井建速度场法、地质构造约束层速度模型法、地震速度场法等。井点拟合法^[3-6]在地层速度变化不大时能取到较好的效果,但在速度存在横向变化的区域会产生较大的误差;井建速度场法和地质构造约束层速度模型法^[7-10]虽考虑了横向速度变化,但其要求这种速度变化在正常区和异常区之间均匀、平缓过渡,对速度剧烈变化

的区域适用性较差;地震速度场时深转换方法^[11-16]因速度谱能量团纵横向拾取精度均较低、速度谱建模存在较大奇异值、地震速度场精度无法满足要求等原因,时深转换结果具有较大误差。前人对时深转换方法和变速成图的探索在特定地质条件下取得了显著的成效并推动了技术的发展。但前人主要利用井、震联合的时深转换方法,对于地震和地质信息的挖掘不够,且未对高速异常带的边界进行准确刻画,在本研究区地质条件下存在适用性不足。

1 研究区概况

研究区位于渤海中西部海域石臼坨凸起西段南部石南一号边界断层下降盘陡坡带,构造区内东营组地层整体表现为受石南一号边界断层控制的大型断鼻构造,进一步又被派生断裂分隔为多个断块。沿边界断层走向,其东西两段断裂发育特征存在一定的差异,东段构造样式以坡坪式为主,而西段构造样式以板式为主。在该构造的有利断块钻探的第一口探井 A1 井共解释油层 180 m,其中于东三段钻遇 140 m 厚油层,证实该区为具有潜在商业价值的含

油区域。为进一步探索东营组储层发育特征和含油气性并落实储量规模,相继钻探了 A2~A6D 井。已钻井显示研究区东营组地层存在明显的横向高速异常:A2 井距 A1 井约 6 km,A2 井钻遇的东营组地层比 A1 井厚度更薄、构造更高,但 A2 井东营组层速度表现为明显的高速异常,相差约 400 m/s。已钻井时深关系曲线(图 1)对比显示,进入东营组地层后 A2 时深关系曲线向高速发生明显偏离。

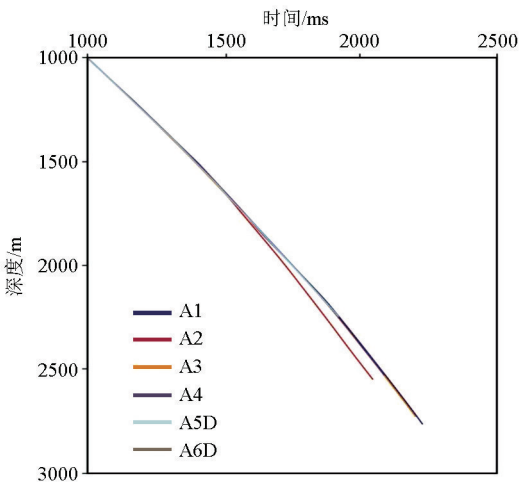


图 1 已钻井时深关系

由此可见研究区内东营组地层存在剧烈横向速度变化,且速度异常带范围不易刻画。针对石臼坨凸起陡坡带东营组地层沉积特点以及时深转换难点,笔者在前人研究基础上通过分析高速异常的成因、刻画高速异常带的发育范围和横向变化趋势、应用适合的时深转换方法以获得更准确的构造图,时深转换结果表明该方法对速度异常区的转换更具针对性,并取得了良好的应用效果。

2 石臼坨凸起陡坡带东营组地层高速异常区时深转换的难点及技术对策

石臼坨凸起陡坡带东营组地层高速异常区的时深转换主要存在以下难点:①东营组地层存在不可忽略的明显高速异常。A2 井东营组地层存在约 400 m/s 的层速度异常,应用常速时深转换方法将存在 100 m 左右的差异。②速度异常在一定区域内剧烈变化。已钻井显示仅 A2 井存在异常而其他井速度关系叠合较好,各井平面分布距离较近,分析认为速度异常并非缓慢过渡,而是局限在 A2 井附近一定范围内,并且在速度边界处剧烈变化。③地震速度精度较低。地震速度谱拾取精度在横向上间距 500 m,纵向上约 400 ms,且转换平均速度存在较大奇异值,无法直接用于时深转换。④现有时深转换

技术对高速异常带边界未做准确刻画。

针对石臼坨凸起陡坡带东营组地层高速异常区时深转换的难点,笔者采用地震、地质、钻井相结合的方法,建立了适用于研究范围内高速异常区的时深转换研究对策(图 2)。与传统方法相比,本方法精确刻画了高速异常体的边界,并充分利用了速度横向变化趋势,具体为:首先,通过凸起区物源、录井和壁芯、边界断层几何特征等分析高速异常的成因,并在此基础上利用地震相技术对高速异常区的发育范围进行刻画;其次,通过地震速度异常识别技术对高速异常的幅度进行刻画;最后,地震地质钻井相结合,在地震相范围约束下通过高速异常幅度与井点误差的映射实现时深转换。通过此技术,很好地实现了研究区东营组地层高速异常区的时深转换,为储量评价和后续油田开发提供了支持。

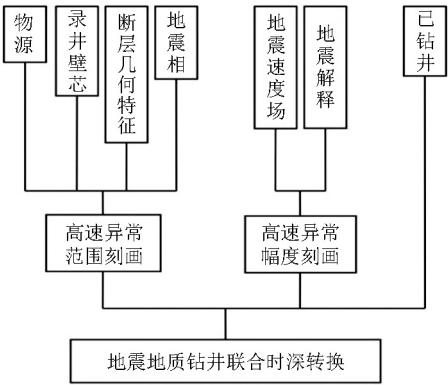


图 2 石臼坨凸起陡坡带东营组地层高速异常区时深转换技术流程

3 石臼坨凸起陡坡带东营组地层高速异常区时深转换技术

为了解决研究区高速异常带时深转换的难题,通过地震、地质、钻井相结合,提出了一种新的误差求取和校正的时深转换思路,即在高速沉积体展布范围刻画的基础上,以地震速度横向变化趋势为依据,实现井点误差的精细校正,该技术主要包括以下几个部分。

3.1 基于成因分析的高速异常范围刻画

通过对相邻研究区的地层对比和地震相分析认为,A1 井所对应的凸起区地层为新生界覆盖于中生界之上,而 A2 井所对应的凸起区地层为新生界直接覆盖于太古宇之上,凸起区新生界底面的能量半衰时属性可清晰的反映这种差别(图 3),因此两口井的沉积物物源有所不同。同时边界断层的倾角属

性显示(图 4),A1 井区的边界断层为坡坪式正断层,在东营组地层内其断层倾角较为平缓;沿边界断层走向,向西断层倾角逐渐变陡,在 A2 井区逐渐过渡为板式正断层。高陡的板式正断层其沉积物堆积速度比倾角较缓的坡坪式正断层更快,沉积物粒度更粗。已钻井的录井和壁芯分析对此提供了有利证据:A1 井区岩性组合为含砾砂岩和粗砂岩沉积,A2 井区岩性组合主要以厚层砂砾岩和含砾砂岩为主,从 A1 井到 A2 井有岩性变粗、砾石增多的特点。因此,综合分析认为古潜山出露母岩类型不同以及边界断层断面几何特征差异共同造成了近源扇体沉积物的砾石含量不同,高速砾石含量差异进一步影响了沉积物层速度,这是形成该层系速度横向变化的主要原因。

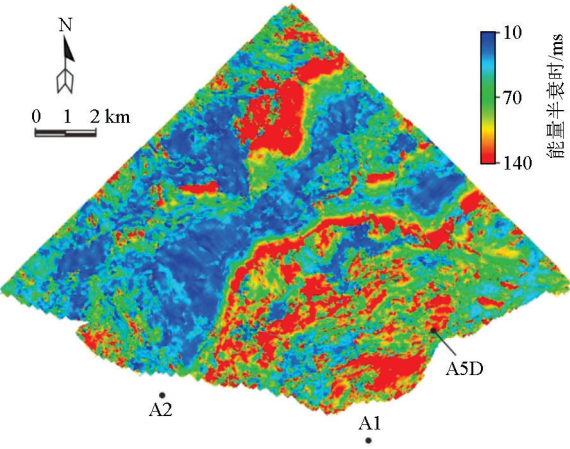


图 3 石臼坨凸起新生界底面能量半衰时属性

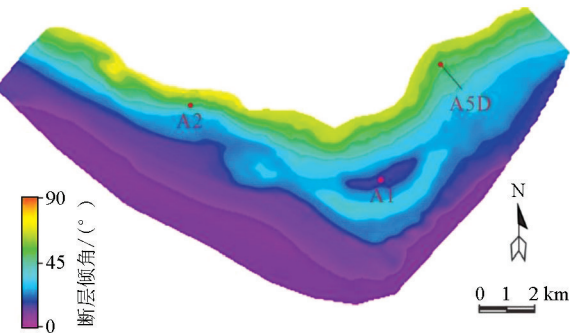


图 4 石臼坨凸起边界断层倾角属性

在成因分析的基础上,通过地震反射特征可精确识别该近源扇体,即在地震剖面上这一砂砾岩和含砾砂岩近源扇体表现为中高频强振幅杂乱发射特征。运用地震相技术在地震资料上对该扇体进行精细追踪和描述,结合凸起区地质认识可得到 A2 井区近源扇体沉积相图(图 5),该近源扇体边界即为高速异常边界。

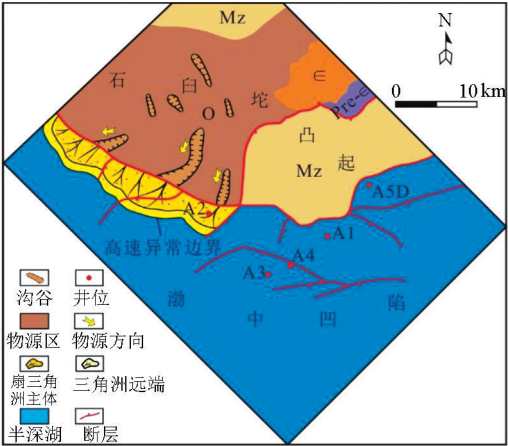


图 5 A2 井区近源扇体沉积相图

3.2 基于地震速度场的高速异常幅度刻画

通过对地震速度场进行分析,采用去除压实效应的研究思路来消除构造背景的影响,从而得到高速异常区的异常幅度^[17],其流程如图 6 所示。具体步骤为:首先,统计研究范围内各正常速度区域内的地震速度与时间拟合关系,得到多条正常压实速度关系曲线;其次,根据各条正常压实速度关系曲线,结合构造形态插值建立正常压实速度模型;再次,将实际地震速度场与正常压实速度模型求差得到地震速度异常体;最后,对地震速度异常体进行平滑并提取目的层段的属性即可得到反映高速异常幅度相对变化趋势的平面属性。

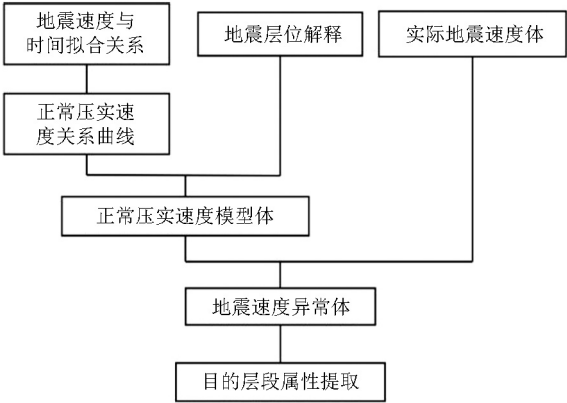


图 6 地震速度异常识别技术流程

对研究区应用上述地震速度异常识别技术可得到石臼坨凸起陡坡带东营组地层横向速度异常平面属性(图 7),该属性大部分区域速度缓慢变化,整体属于常速区,而在边界断层西段下降盘根部位存在北西轴向、狭长条带状的高速异常区,虽受地震速度横向拾取精度的影响其边界模糊,但整体形态与地震相所刻画近源扇体展布范围相似,属性数值指示了该含砾近源扇体所造成的高速异常的幅度。

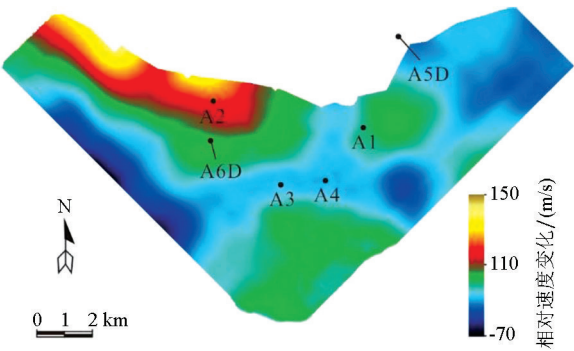


图 7 东营组地层横向速度异常平面属性

3.3 地震地质钻井相结合的时深转换方法

由于研究区已钻井显示东营组地层已经出现了不可忽略的高速异常现象,因此传统井点拟合法将造成构造形态失真。通过地震相技术可描述高速异常的范围,但无法确定速度异常大小;通过地震速度异常识别技术可反映高速异常的相对值,但无法求得其绝对值,对边界的刻画亦不如地震相准确;已钻井可在井点处精确指示异常的大小,但在井点之外无法外推。

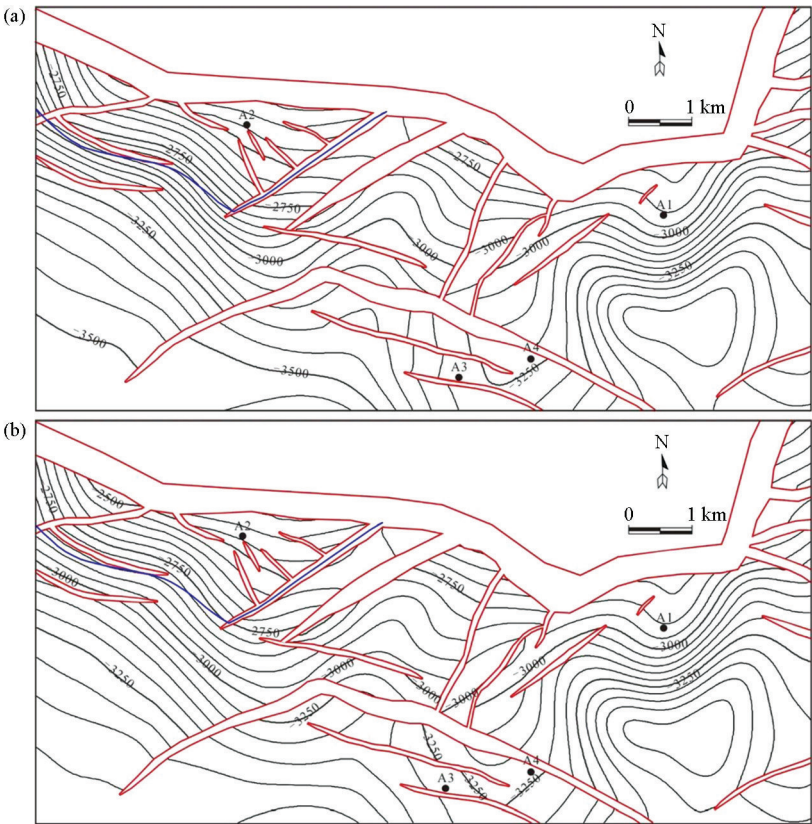
笔者综合利用地震相、地震速度、已钻井 3 个维度信息,充发挥各方优势,形成适用于本研究区的地震地质钻井相结合的时深转换方法,其主要经过两步校正,第一步校正趋势,第二步校正精度,具体实

现步骤如下:

- 1) 在高速异常带处建立虚拟井,以常速区内的多井拟合时深关系为依据进行时深转换,并求取各井(实钻井、虚拟井)误差。
- 2) 交汇分析各井(实钻井、虚拟井)误差值与速度异常平面属性值得到拟合关系,将速度异常平面映射为误差平面,并进行第一次校正。
- 3) 在第一次校正后的构造图上对实钻井再次提取井点误差,并进行第二次校正,即可得到最终时深转换结果。

4 应用效果

应用传统井点拟合时深转换方法与地震地质钻井相结合的时深转换方法的结果对比如图 8 所示,其中 A2 井区附近蓝线代表近源扇体边界。常规井点拟合方法将高速异常区的井点误差均匀分布在各井之间而并未局限在速度异常区域内,这使高速异常的影响范围超出其实际边界。而地震地质钻井相结合的时深转换方法在常速区仍应用常速时深转换思路,仅在速度异常区内进行变速成图,将速度异常限定在一定区域内更符合地质认识。在 A2 井附近的高速异常区,常规方法得到的等值线突然变密再



a—常规井点拟合方法;b—地震地质钻井相结合的时深转换方法

图 8 两种时深转换方法的结果对比

回归正常,显示了地层由缓突然先变陡再突然变缓的过程,这更多反映的是高速近源扇体所造成的时间域地层形态,与沉积规律不符;在新方法的时深转换结果上,速度异常区边界处等值线的疏密更加合理,反映构造的缓慢抬升,更符合地质规律。因此,地震地质钻井相结合的时深转换方法可得到更符合地质意义的时深转换结果。

5 结论

- 1) 凸起陡坡带易发育近源扇体沉积,当近源扇体砾石含量增多时常伴随高速异常现象,给时深转换带来较大多解性。应充分考虑到高速近源扇体所带来的地层速度横向变化风险,并在时深转换中进行变速成图。
- 2) 受地震速度场精度不足、奇异值较多、异常体边界表征不清等因素的制约,地震速度资料无法直接用于时深转换,但其趋势仍可反映地层速度的横向变化。
- 3) 利用地震精细解释可得到高速异常扇体的展布范围,利用地震速度场可反映地层速度横向变化规律,利用已钻井可获取深度值,三者联合应用能获得更符合地质规律的构造图。

参考文献:

[1] 陆基孟.地震勘探原理[M].北京:石油工业出版社,1993.
[2] Russell B. A simple seismic imaging exercise[J]. The Leading Edge, 1998, 19(7): 885 - 889.

[3] 陈林,邓勇,盖永浩,等.复杂断块构造时深转换方法探讨——以涪西南凹陷为例[J].地球物理学进展,2014,29(3): 1121 - 1127.
[4] 张英德,彭佳勇,郝立业,等.海外深水复杂地质条件下时深转换难点及技术对策[J].地球物理学进展,2012,27(4): 1484 - 1492.
[5] 陈海清,戴晓云,潘良云,等.时间剖面上的假构造及其解决方法[J].石油地球物理勘探,2009,44(5): 509 - 602.
[6] 王波,王雪梅. 滨里海盆地盐下构造假象识别及真实形态恢复[J].中国石油勘探,2008,13(1): 63 - 67.
[7] 蔡刚,屈志毅.构造复杂地区地震资料速度和成图方法研究与应用[J].天然气地球科学,2005,16(2): 246 - 249.
[8] 张华军,肖富森,刘定锦,等.地质构造约束层速度模型在时深转换中的应用[J].石油物探, 2003,42(4): 521 - 525.
[9] 战春光,王学军,张家震,等.应用变速成图技术解释富台油田砂砾岩体构造[J].石油勘探与开发,2003,30(5): 75 - 76.
[10] 张珺.加蓬盐下复杂构造区井控高精度变速成图的方法研究[J].物探与化探,2017,41(3): 535 - 541.
[11] 马海珍,雍学善,杨午阳,等.地震速度场建立与变速构造成像的一种方法[J].石油地球物理勘探,2002,37(1): 53 - 59.
[12] 李明娟,李守济,牛滨华.地震速度谱在精细深度图制作中的应用[J].石油物探,2004,43(3): 272 - 274.
[13] 王玉梅,李东波,马丽芳,等.速度异常分析与构造成像技术研究[J].石油物探,2003,42(1): 102 - 106.
[14] 鲁宝亮,王璞珺,张功成,等.南海北部陆缘盆地基底结构及其油气勘探意义[J].石油学报,2011,32(4): 580 - 587.
[15] 张春贺,乔德武,李世臻,等.复杂地区油气地球物理勘探技术集成[J].地球物理学报,2011,54(2): 374 - 387.
[16] 潘宏勋,方伍宝.地震速度分析方法综述[J].勘探地球物理进展,2006,29(5): 305 - 311.
[17] 彭刚,周东红,李英,等.渤海海域新近系层速度横向异常及其识别技术[J].中国海上油气,2012,24(s1): 38 - 42.

A study of time-depth conversion of high-velocity anomaly area in the steep slope zone of Shijiutuo uplift

QIN Tong, CAI Ji-Yan, WANG Gai-Wei, XUE Ming-Xing

(Bohai Oilfield Research Institute, Tianjin Branch of CNOOC Ltd., Tianjin 300459, China)

Abstract: Time-depth conversion is an important link in the use of seismic data for structural and reservoir interpretation. Previous researchers carried out a lot of fruitful work by using different methods in different geological conditions. However, the high-velocity anomaly caused by the near-source fan on the steep slope of the uplift has the characteristics of limited distribution, significant anomaly and a-cute change. There are some problems in the applicability of the conventional time-depth conversion method. According to the specific geological conditions of the study area, this paper proposes the technical countermeasures of time-depth conversion of the high-velocity anomaly area in Dongying Formation strata of the steep slope zone of Shijiutuo uplift. Based on an analysis of the genesis, the seismic phase technology is used to describe the high-velocity anomaly zone boundary; the seismic velocity anomaly identification technique describes the high-velocity anomaly amplitude; combined with the seismic phase, the seismic velocity and the well depth error, this method achieves the time-depth conversion, and finally obtains a more geologically meaningful time-depth conversion result. The practical application shows that the method is consistent with the conventional one in the constant velocity region, and is more consistent with the geological regularity in the anomaly area. Therefore, this methods has achieved good effect in the time-depth conversion which can strongly support the reserve evaluation of the oil and gas structure.

Key words: Shijiutuo uplift; steep slope zone; Dongying Formation; horizontal high-velocity anomaly; time-depth conversion
万方数据 (本文编辑:叶佩)