

Formation Pressure Prediction Technology and Its Application in 3D Area of Northern Block Well Dong 2, Central Junggar Basin

Shuhua Wang, Jianhua Zhang, Huanju Qian

Western Subdivision of Exploration & Development Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying Shandong
Email: 420929126@qq.com

Received: Dec. 4th, 2015; accepted: Dec. 25th, 2015; published: Dec. 28th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The formation pressure is mostly predicted by the interval velocity. In 3D area of Northern Block Well Dong 2, central Junggar Basin, the original interval velocity field was established by the stacking velocity data through Dix formula, and then corrected the original interval velocity field by using sonic logging velocity, the more accurate interval velocity field was obtained. The 3D formation pressure of work area was predicted by using the Eaton method, the prediction result indicated that the top interface of abnormal overpressure in study area was basically located at the bottom interface of Toutunhe Formation, the pressures of Toutunhe Formation and its overlying layers were normal, only part of Toutunhe Formation developed the abnormal overpressure, Xishanyao Formation, Sangonghe Formation and Badaowan Formation were abnormal overpressure intervals. The final pressure prediction result was reasonable after it was analyzed by logging pressure detecting, measured formation pressure and the geological characteristics of the study area.

Keywords

Central Junggar Basin, Formation Pressure Prediction, Eaton Method, Abnormal Overpressure, Stacking Velocity

地层压力预测技术及其在准中董2井北三维区的应用

王树华, 张建华, 钱焕菊

中国石化股份胜利油田分公司，勘探开发研究院西部分院，山东 东营
Email: 420929126@qq.com

收稿日期：2015年12月4日；录用日期：2015年12月25日；发布日期：2015年12月28日

摘要

地层压力大多利用层速度来进行预测。在准中董2井北三维区，利用叠加速度资料通过Dix公式建立了初始的层速度场，然后用声波测井速度对初始层速度场进行了校正，得到了精度更高的层速度场。利用Eaton法进行了工区的三维地层压力预测，预测结果表明，研究区异常高压顶界面基本位于头屯河组底部，头屯河组及其以上地层基本为正常压力，头屯河组局部发育异常高压，西山窑组、三工河组、八道湾组为异常高压段。结合测井压力检测、实测地层压力和研究区地质特征进行分析，表明最终压力预测结果是合理的。

关键词

准中，压力预测，Eaton法，异常高压，叠加速度

1. 引言

董2井北三维区位于准噶尔盆地中部4区块，面积446.7 km²，三维区内完钻探井四口，油气显示丰富，在头屯河组试油获得轻质工业油流，显示了良好的勘探潜力。中4至周边阜东地区头屯河组油流层普遍发育异常高压，油气分布与超压关系密切，前期的研究发现中部区块油气主要位于超压顶界面之上200 m、之下100 m的范围内，因此进行压力预测工作可以为油气勘探起到很好的辅助作用。

2. 地层压力预测方法

地层压力是岩石孔隙或裂缝中流体上所具有的压力，又称为地层流体压力或孔隙流体压力。当地层压力等于(或接近)静水压力时为正常压力。当地层压力明显低于静水压力时为异常低压。当地层压力明显高于静水压力时为异常高压。在实际的研究工作中，异常高压比异常低压更为常见，研究的也更多[1]。异常高压的成因很多，目前大多数人认为比较重要的有泥质沉积岩的压实作用、构造应力的挤压作用、有机质裂解所产生的孔隙流体体积的剧烈膨胀以及由于开启断裂所造成的不同压力系统的地层之间的水动力连通。

异常高压一般会引起地层速度的降低，因此可以利用层速度资料来预测地层压力。目前，利用层速度资料计算地层压力的方法主要有：Eaton法[2]-[4]、等效深度法[5]-[7]、Bowers法、Fan简易方法[8] [9]、Fan综合解释法、Fillippone法[10]。其中Eaton法是一种简便易行的方法。本次研究即采用该方法来进行地层压力预测研究。

Eaton法是一种基于正常压实趋势线计算地层压力的方法，它利用正常压实地层段建立正常趋势线，通过实际地层速度与趋势线速度的比值来计算地层压力(图1)。

$$p_p = p_{ob} - (p_{ob} - p_h) \left(\frac{V}{V_n} \right)^N$$

式中： p_p ——地层孔隙压力； p_{ob} ——上覆岩层压力； p_h ——正常的静水压力； V_n ——地层正常压实时的速度； V ——实测地层速度； N ——Eaton指数。

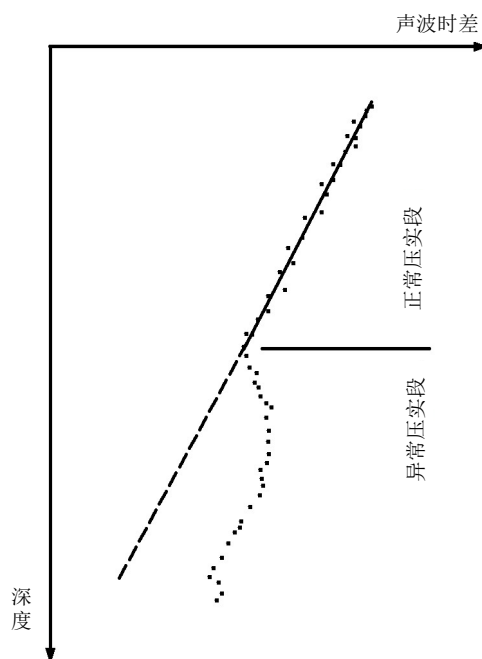


Figure 1. Eaton method for calculating the formation pressure diagram

图 1. Eaton 法计算地层压力图解

3. 建立层速度场

层速度资料可以由叠加速度计算得到，也可以利用声波测井速度资料。由叠加速度计算得到的层速度精度低，但平面分布范围大，覆盖了整个三维区；测井速度精度高，但平面分布点少。本次研究在建立层速度场时，主要利用的是覆盖整个三维区的叠加速度，然后用精度较高的测井速度对叠加速度计算得到的层速度进行校正，以得到精度更高的层速度场。由于研究区构造较为简单，基本为一简单的单斜形态，因此采用 Dix 公式法由叠加速度来建立层速度场。首先由叠加速度建立初始时间域的层速度场，然后用声波速度进行校正得到校后时间域的层速度场；再综合利用叠加速度和合成记录得到的井点平均速度资料建立平均速度场；用平均速度场将校后时间域的层速度场转化为校后深度域的层速度场。

从建立的层速度场中提取出井点的层速度曲线，与声波曲线对比可以看出校正之后的速度场速度与声波速度吻合较好，从浅部至头屯河组底部速度逐渐增加，到西山窑组速度明显减小，三工河组速度大于西山窑组，至八道湾组速度又有所减小(图 2)。速度剖面上也表现为同样的特征，从浅部至头屯河组底部速度逐渐增加，头屯河组之下，在西山窑组、三工河组和八道湾组都存在明显的低速层段(图 3)。平面上，受构造形态的影响，沿层层速度表现为西南高、东北低的特征(图 4)。

4. 地层压力预测

在三维压力预测时，要在平面上选取控制点，从层速度体中提取出控制点的层速度，利用 Eaton 法进行单点的压力预测，利用拟合得到的 Eaton 法模型系数，做为全区的模型系数。通过反复的试验对比，最终选取东北部较浅部位的 2869 线，1679 道做为控制点。

从压力系数平面图上看，东北部压力系数低，西南部较高(图 5)。从压力系数剖面看，董 2 井北三维区头屯河组及其以上地层为正常压力，只是在头屯河组有部分的异常高压，从西山窑组开始进入异常高压带，异常高压带界面基本位于头屯河组底部(图 6 虚线)，侏罗系压力系数最高可以达到 2.0 左右(图 6)。

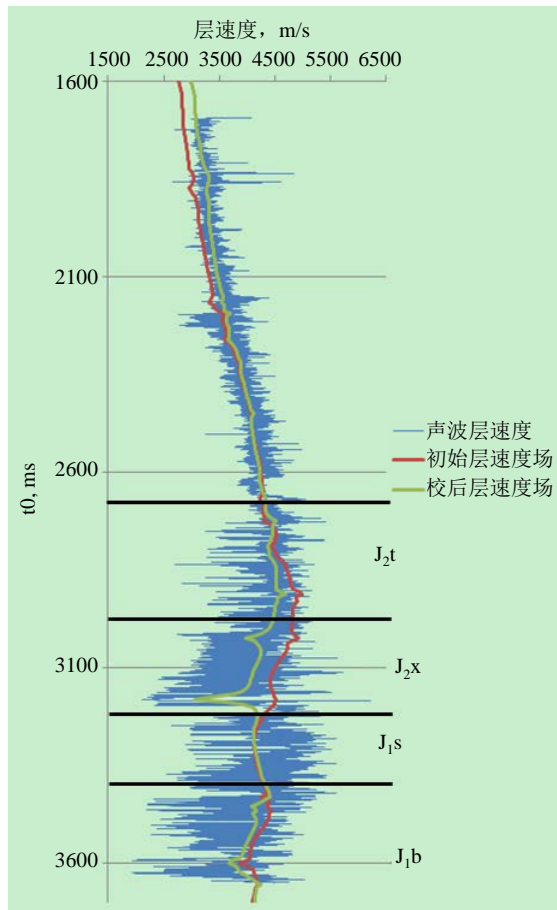


Figure 2. Comparison between velocity and acoustic velocity of Dong 2 well
图 2. 董 2 井速度场速度与声波速度对比

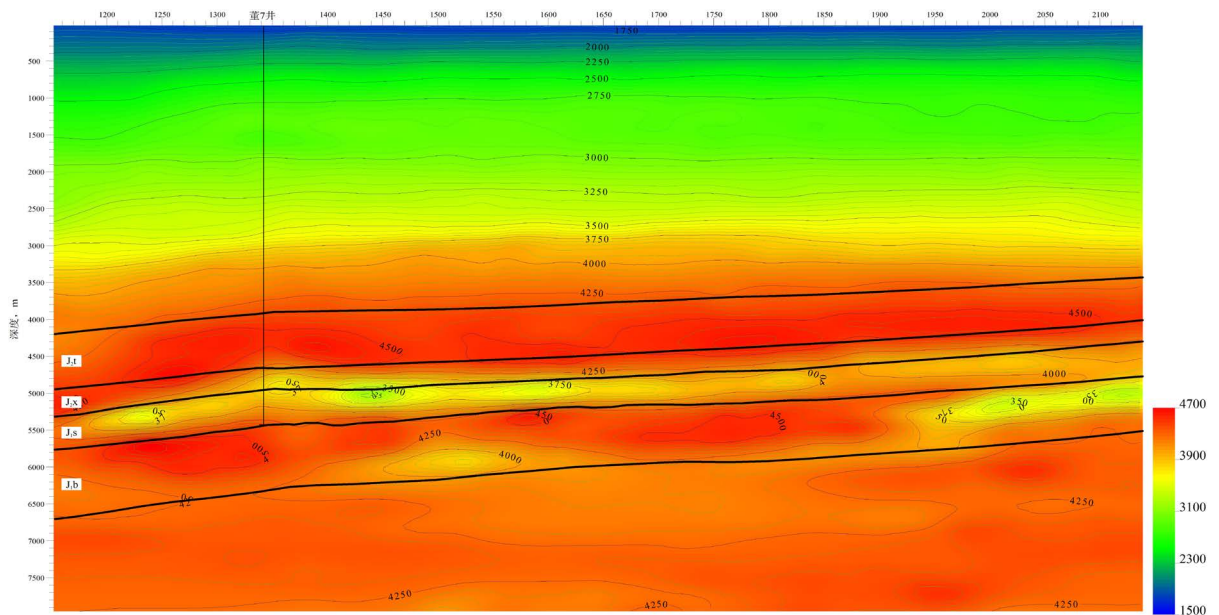


Figure 3. Line2299 over North and south direction of the 7 wells
图 3. Line2299 过董 7 井南北向层速度剖面

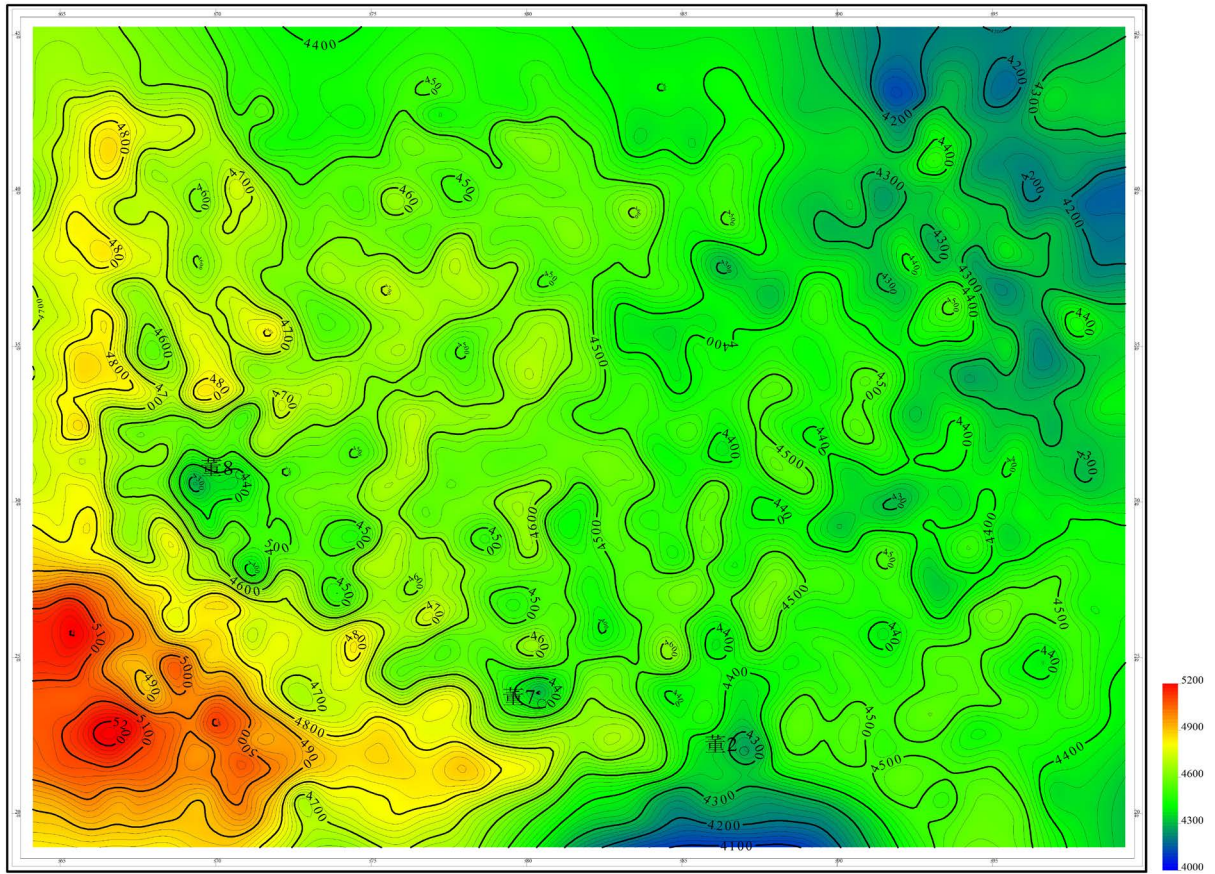


Figure 4. D J_{2t} bottom layer velocity plan in the north of Dong 2 well

图 4. 董 2 井北三维 J_{2t} 底部层速度平面图

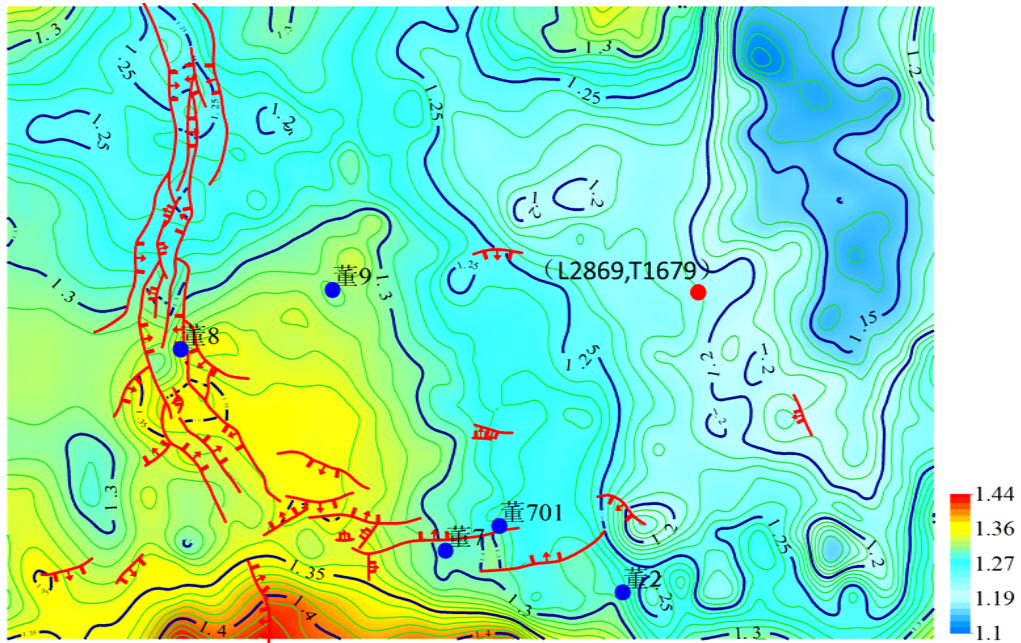


Figure 5. The pressure coefficient of the Toutun River formation in the study area

图 5. 研究区头屯河组压力系数平面图

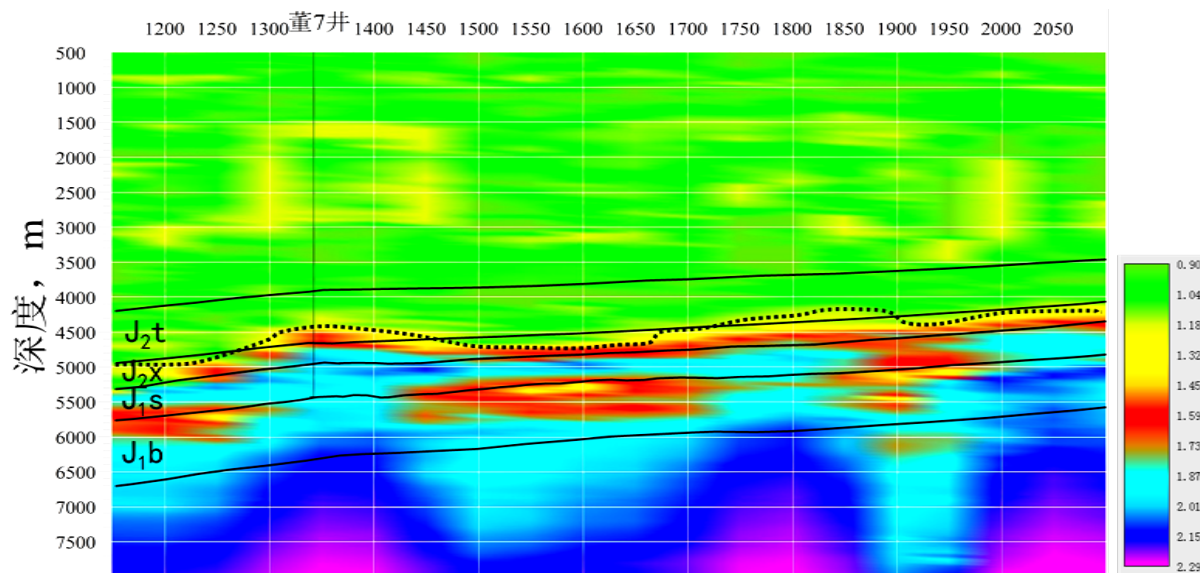


Figure 6. Study area pressure coefficient profile

图 6. 研究区压力系数剖面图

对这个压力预测结果，我们从测井压力检测、实测地层压力以及研究区油气地质特征三方面进行了验证。从单井的测井压力检测来看，头屯河组及其以上地层泥岩声波时差随深度增大逐渐减小，表现为正常压实趋势，为正常压力段；从西山窑组开始，泥岩声波时差明显偏离正常趋势线，开始进入异常高压段。中部 4 区块的试油段集中在头屯河组和三工河组，实测地层压力数据显示，头屯河组有正常压力，也有部分层段为异常高压；三工河组均为异常高压。另外，由中部 4 区块的地质特征来看，西山窑组、三工河组和八道湾组的异常高压是自身产生的，而中部区块圈源分离，二叠系、侏罗系八道湾组烃源岩供烃，油气通过断层输导进入头屯河组和三工河组聚集成藏，因此头屯河组局部的高压来源于下部烃源岩生烃传递。所以从这三方面来看，本次压力预测的结果是合理的。

5. 结论

准中董 2 井北三维区地层压力预测主要利用的是叠加速度资料，由叠加速度通过 Dix 公式建立层速度场，然后再用声波速度对层速度场进行校正，得到精度更高的层速度场。而后利用 Eaton 法进行了地层压力预测，最终地层压力预测的结果表明，董 2 井北三维区异常高压顶界面基本位于头屯河组底部，头屯河组及其以上地层为正常压力，头屯河组局部发育异常高压，西山窑组、三工河组和八道湾组为异常高压带。结合测井压力检测、实测地层压力以及研究区油气地质特征分析，本次压力预测结果是合理的。

参考文献 (References)

- [1] 吴元燕, 吴胜和, 蔡正旗. 油矿地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005: 267.
- [2] 崔治军, 赵少伟, 杨进, 等. 渤海油田科学探井地层压力预测技术[J]. 断块油气田, 2011, 18(5): 656-659.
- [3] 康海涛, 范翔宇, 郭文清, 等. 地层压力预测技术及其在川东北河坝地区的应用[J]. 内蒙古石油化工, 2010(16): 86-89.
- [4] 钟敬敏, 齐从丽, 钟水清, 等. 川东北 HB 构造地层压力剖面预测探索[J]. 钻采工艺, 2010, 33(5): 18-21.
- [5] 潘凯. 地层压力预测技术及其在缅甸探区中的应用[J]. 天然气技术与经济, 2009, 32(4): 28-31.
- [6] 万志峰, 蔡周荣, 梁正中, 等. 渤海湾盆地车西洼陷地层压力特征分析[J]. 华南地震, 2009, 29(增刊): 34-37.

- [7] 易远元, 李健雄, 王功军. 测井资料在异常地层压力预测中的应用——以 LW21-1-1 井位例[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2001, 33(9): 92-95.
- [8] 连太炜, 樊洪海, 于玲玲. 测井约束地震反演在地层孔隙压力预测中的应用[J]. 西部探矿工程, 2009(6): 64-65.
- [9] 张传进. 初探井地层孔隙压力预测方法[J]. 石油钻探技术, 2002, 30(3): 13-14.
- [10] 张厚福, 方朝亮, 高先志, 等. 石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999: 200-201.