

文章编号: 1009-3850(2003)02-0095-03

川西新场气田全三维压力预测方法研究

唐 云, 邱 华, 甘其刚

(新星石油公司西南分公司 第二物探大队, 四川 德阳 61800)

摘要: 针对川西地区新场气田超高压气藏, 利用三维采集的地震资料, 在改善叠前 CDP 道集信噪比和速度谱质量的基础上, 采用等时间隔层速度法, 根据 Fillippone 的压力计算公式, 直接预测地层压力, 得到了全三维的压力和偏差压力数据体。压力预测结果表明, 该方法具有较好的可信度。

关 键 词: 超高压气藏; 等时间隔层速度法; 三维压力数据体; 川西

中图分类号: P631

文献标识码: A

川西新场气田是一个浅层(蓬莱镇组)、中层(上沙溪庙组与千佛崖组)、深层(须家河组)多层含气层组叠置、分布面积广、气藏储量丰富的大型气田。勘探和开发实践已证实, 新场气田为超高压气藏。本区异常高压的产生原因主要是三叠系烃类的生成, 特别是大量的须家河组煤成气(甲烷)的形成成为异常高压提供了丰富的气源, 同时大量甲烷的存在及储层裂缝发育为气源的连通提供了有利条件。天然气产出层及其工业产能与地层超高压具有密切关系。

笔者针对川西地区新场气田超高压气藏, 利用三维采集的地震资料^[1], 在改善叠前 CDP 道集信噪比和速度谱质量的基础上, 采用等时间间隔层速度法, 根据 Fillippone 的压力计算公式, 直接预测地层压力, 得到了全三维的压力和偏差压力数据体。压力预测结果为该区今后的油气勘探部署和科学开发钻井提供了重要依据。

1 地层压力预测原理和计算方法

在沉积地层中, 地层压力(亦称孔隙压力) $P = P_0 - P_c$ 。式中 P_0 为上覆地层压力, P_c 为压实压力。在正常情况下, 地层压力应等于同深度的静水

柱压力 P_w , 即为静水压力梯度与深度之积。若地层压力偏离静水柱压力, 则为异常地层压力。异常地层压力多为超压异常, 即地层压力大于静水柱压力。超压异常的成因主要是沉积快于压实, 沉积物在压实作用下不能及时排出水分或是孔隙的连通性受封堵, 不能排出地层水。这样就阻碍了压实作用的继续进行, 孔隙中的液体就要承受上覆地层的一部分重量, 这就增加了孔隙压力, 形成了超压异常。显而易见, 孔隙度与地层压力成正比关系。即孔隙度增大, 地层压力随之升高。同样, 孔隙度与地层的埋深有关, 并且地层埋得愈深, 压实作用强, 孔隙度愈低, 它们之间为指数函数关系。

地震纵波速度是进行地层压力预测的主要依据, 它与地层岩石结构、成分及埋深等因素紧密相关。一般情况下, 当地层孔缝发育, 并且有高压流体充填时(如含气), 地震波传播速度明显降低。其次波速还与岩石的埋深有关, 而且层内传播时间(速度的倒数)与地层埋深也存在着指数函数关系。

由上述可知, 地层压力与地震波在岩层中传播的速度存在着某种函数关系, 这样就能建立起地层压力与层速度的数学模型^[2]。

地层压力的增高,便可认为是孔隙度的增大,从而岩石的密度减少,导致速度的降低,这就是用地震资料预测地层压力的物理基础。如果地震层速度随深度的增加而明显降低,这就有可能是异常高压的反映。但应注意的是,超压地层引起地震波速度降低,而地震资料中的低速现象就不一定是超压异常的反映,这是因为速度变化有其多解性。

利用地震资料预测地层压力方法有多种,归纳起来主要有直接预测法、等效深度法、比值预测法和量板法四种方法。而对于三维资料来说,要想从面和体上预测地层压力,采用直接预测法无疑是最快捷有效的方法。

直接预测法就是根据 Fillippone^[3] 的压力计算公式,利用二、三维地震速度资料,直接预测地层压力:

$$P_{MPR} = [(V_{\max} - V_{\text{int}}) / (V_{\max} - V_{\min})] \cdot OBPR$$

其中: $OBPR = h \cdot G_w \cdot D_s$, 为上伏地层压力; h 为地层埋藏深度, G_w 为无量纲系数(相当于地层水的平均密度梯度), $h \cdot G_w$ 为流体静压力; D_s 为上伏地层平均体密度,由 $D_s = 0.31 V^{0.25}$ 或密度测井资料提供; V_{int} 为层速度; $V_{\max}$ 、 $V_{\min}$ 分别为孔隙度接近于零时和刚性接近于零时的地层速度。

2 全三维压力预测方法的实现

2.1 提高速度谱计算的精度

用地震方法预测地层异常压力,关键是取决于层速度的精度。因此,在三维处理的基础上,为提高速度谱计算的精度,主要采用了以下针对性关键技术。

(1) 叠前串联去噪技术,提高地震资料信噪比,特别是 CDP 道集信噪比。新场三维原始地震资料的主要干扰为低频面波、声波及异常强能量干扰,采用叠前自动外科手术法去噪模块可以较好地去除这些干扰,最后应用动、静校正量的 CDP 道集上,应用异常振幅自动检测模块衰减异常强能量干扰,应用空间域噪音剔除模块衰减随机噪声,从而有效地提高 CDP 道集信噪比,为后续的速度分析打下良好的基础。

(2) 对三维资料进行密点(12×12 的网格、300×300m)全三维 DMO 速度分析。这对消除地层倾角的影响和提高速度谱的精度是有益的。在改善道集信噪比的基础上,进行全三维 DMO 速度分析,可

见速度谱质量特别是小层对应速度谱分辨率明显提高。

(3) 交互速度分析,进行精细速度分析、拾取、解释。采用人机交互速度分析软件,可同时显示速度谱、CDP 道集、NMO 道集、NMO 曲线、叠加段及速度场等,处理员在解释速度谱时,可以参考相邻 CMP 点和相邻测线的速度值,因此能更加合理的拾取叠加速度。

2.2 等时间隔层速度法

采用等时间隔层速度法来计算层速度,具有较明显的效果。由于速度谱时间采样点厚薄不一致,直接用 DIX 公式进行转换所得到的层速度曲线不能真实地反映地层压实情况。但是不论所取层段厚薄如何,平均速度曲线的变化总趋势是一致的,因此可利用平均速度曲线来了解层速度的分布规律并求取等时间隔层速度,然后计算地层压力。

2.3 全三维压力预测方法的实现步骤

根据上面提供的计算方法,进行新场气田三维压力预测的具体步骤如下:

(1) 改善 CDP 道集信噪比,密点三维 DMO 速度分析,提高速度谱的精度;

(2) 人机交互速度分析进行精细速度拾取、解释,获得 12×12 网格点的三维速度谱;

(3) 利用 P.M. Shan 的 Dix 公式,将每个速度谱点的叠加速度转换成平均速度并按重采样;

(4) 平均速度加权求和。对每一点的平均速度,考虑相邻 Inline 和 Crossline 线方向的速度点(共 5 点或 9 点),通过加权求和,可以消除一些随机样点的影响,获得较好的速度变化趋势线,有利于进一步提高压力预测精度;

(5) 根据平均速度,采用等时间隔层速度法来计算层速度;

(6) 根据 Fillippone 的压力计算公式计算每个速度网格点地层压力,形成三维压力数据体;

(7) 根据需要选择计算三维偏差压力数据体或三维钻井泥浆比重数据体。

3 应用效果分析

根据上述计算方法,笔者对新场气田进行了全三维压力预测处理,得到了三维(面积 200km²、时间 4000ms)压力预测数据体。新场气田千佛崖组气藏埋深 2700~2800m,属典型的裂缝-岩性气藏。研究

表明, 本区异常高压的产生原因主要是三叠系烃类的生成, 特别是大量的须家河组煤成气(甲烷) 的形成成为异常高压提供了丰富的气源。从千佛崖组气藏十多口已知钻井分析, 天然气高产井与储层超高压具有密切联系。在高产井X806井千佛崖组气藏储层段的相应位置有明显的异常高压现象, 压力值达到 $44\times 10^6\text{Pa}$ 以上; 而低产井CX155 压力值 $41\times 10^6\text{Pa}$ 左右; 干井CX162压力值仅为 $40\times 10^6\text{Pa}$, 可见天然气产能与储层异常高压有密切关系。

从表 1 所统计的千佛崖组气藏 12 口已知钻井的预测压力值与天然气产能关系来看, 预测压力参数的高低与实际钻井的含气性吻合较好, 即预测压力参数的大小与储层天然气产能基本呈正比关系, 这与千佛崖组气藏的实际情况是相吻合的。

表 1 实际钻井测试产能与预测压力统计表
Table 1 Comparison of measured production capacity and predicted pressures of the wells in the study area

井 号	压力/ 10^6Pa	测试日产能/ 10^4m^3
CX135	42	5. 80
CX163	43	11. 69
CX152	42	6. 26
X806	44	30. 0
CX160	40	0. 063
CX164	41	0. 149
CX156	41	0. 62
CX162	40	干
CX159	38	干
CX155	41	0. 55
CX157	41	干
X801	39	1. 02

4 结束语

笔者针对新场气田超高压气藏, 利用三维采集的地震资料直接预测地层压力, 得到了全三维的地层压力和偏差压力数据体。尽管计算结果没有经过标定, 其绝对值存在一定误差。但利用三维压力数据体, 研究整个气藏在面和体上的压力分布和压力结构, 以及地层压力与整个气藏油气的生成、运移、聚集的关系仍具有实际地质意义。

当然, 压力预测精度依赖于地震资料特别是层速度资料的精度。因此, 必须作好速度资料的分析、拾取、解释和校正, 同时应综合分析和利用地震、地质、测井等资料, 搞清地震波速度纵横方向的变化规律, 这样对提高层速度解释精度及压力预测精度是有益的。其次, 利用地震资料直接预测地层压力分辨率还有待提高, 主要是目前的速度分析方法毕竟还是统计的平均效应, 使得速度资料的分辨率不高, 从而制约了压力预测分辨率。

参考文献:

[1] 周文英, 等. 川西孝泉、新场地区侏罗系气藏与泥质岩压实作用的研究[J]. 天然气工业, 1999, 19(增刊): 53— 57.
[2] 陈志爱. 利用地震等时间间隔层速度曲线研究地层异常压力[J]. 地球物理技术汇编, 1989, (11): 105— 111.
[3] R. D. Martinez. 根据地震资料用确定性方法估算孔隙度和地层压力, 国外地球物理勘探, 1986, 2(1): 41— 46.

The three-dimensional pressure prediction of the Xinchang Gas Field in western Sichuan

TANG Yun, QIU Hua, GAN Qi-gang
(No. 2 Geophysical Prospecting Party, Southwestern Branch, SINOPEC, Deyang 618000, Sichuan, China)

Abstract: A new technique is proposed in the present paper for the three-dimensional pressure prediction of the super-high pressure gas deposit of the Xinchang Gas Field in western Sichuan. The technique is employed by using the time-equivalent interval velocity and Fillippone's formula on the basis of the three-dimensional seismic data and improved S/N ratios of the pre-stack CDP gather and velocity spectrum, and then the three-dimensional pressure and deviation pressure data can be computed directly. As a result, this technique turned out to be feasible, and may provide an important base for the oil and gas exploration and development.

Key words: super-high pressure gas deposit; time-equivalent interval velocity; three-dimensional pressure data, western Sichuan