

多方位 VSP 技术在川东寨沟 3 井 目标选择论证中的应用

冯万奎¹ 肖富森² 邵勇¹ 张延充³ 雷志安¹

(1. 中国石油西南油气田公司重庆气矿 2. 四川石油管理局川东开发公司 3. 四川石油管理局物探研究中心)

冯万奎等. 多方位 VSP 技术在川东寨沟 3 井目标选择论证中的应用. 天然气工业, 2006, 26(7): 43-45.

摘要 在川东高陡构造, 由于地腹构造的复杂性以及二维地震资料预测的多解性, 钻探中存在着较高风险。近年来随着勘探开发领域的扩展, 其钻探对象已由相对单一可靠的目标, 逐渐转至构造更复杂、地震资料信噪比更低的区块, 一定程度增大了钻井失误的机率。因此, 尽力减少失误, 尤其是对失误井下步侧钻目标的选择论证十分重要。历年来, 对失误井的论证, 主要是通过再次消化地震资料, 分析原因, 重新拟定目标, 因此, 引入不同方法和技术手段进行失误井侧钻目标论证十分必要。文章以在川东寨沟湾潜伏构造上首次利用多方位 VSP 技术对寨沟 3 井进行侧钻目标选择论证, 最终获高产气流为成功范例, 介绍了该项技术在解决复杂构造失利井侧钻目标论证中的重要性及推广前景。

关键词 VSP 构造 断层 勘探钻井 地震勘探 四川盆地 东

一、寨沟湾潜伏构造概况

寨沟湾潜伏构造为川东方斗山构造带北段两翼第二排潜伏高带的局部构造, 该构造总体呈北东向展布, 为西翼缓、东翼陡, 两翼不对称的断层—背斜构造圈闭。2000 年部署在构造高部位的寨沟 1 井在石炭系完钻测试获气 $46.89 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 2004 年在构造南段近轴部部署了开发评价井——寨沟 3 井。

寨沟湾构造地表地震激发接收条件相对较差, 特别是构造两侧受地面长江段影响, 剖面浅、中、深层反射层连续性较差, 信噪比相对低, 加之地腹中、深层潜伏构造凸凹相间, 成排、多组系分布, 其水平剖面各类反射波发育, 地震资料解释难度大。根据地震解释构造成果, 分别部署在构造中段和北段的寨沟 1、2 井顺利于志留系完钻, 结果与地震较吻合, 而位于构造南段近轴部的寨沟 3 井, 经实钻证实地下构造异常复杂, 结果与地震预测偏差很大。

二、寨沟 3 井井位部署及实施情况

部署寨沟 3 井时, 该构造的勘探评价井(寨沟 2 井)尚未完成, 构造细节、储层分布特征及气水关系不完全清楚。由于开发井是以获得较高产能为目的, 同时兼顾合理的开发井网, 因此将第 1 口开发评

价井部署在构造南段近轴部的高部位、且距寨沟 1 井 2 km 的位置。本轮布井依据主要是 2001 年重新处理解释的地震成果, 在 01FDS19 测线的水平叠加剖面上, 潜伏构造和断层较发育, 方⑥、方⑨断层附近Ⅵ反射层较清晰, Ⅶ反射层反射波能量较弱, 隐约可辨, 经偏移处理后, 方⑥、方⑨断层附近的Ⅵ反射层可清晰辨认, Ⅶ反射层则不易辨认, 但认为井所在的 1640CDP 点处钻遇断层及陡带的可能性较小。且与过已获气的寨沟 1 井的 01FDS20 测线的特征相似, 因此Ⅶ反射层差不是石炭系缺失或构造复杂所致。

寨沟 3 井钻至井深 3484 m 发现上二叠统增厚, 停钻电测, 井底地层倾角达 60° , 倾向南西向, 与地震预测相反。通过对寨沟 3 井及相邻的 01FDS17、18、19、20 测线重新处理, 其水平叠加剖面上波组关系十分清楚; 偏移剖面中上二叠统底界、下二叠统底界反射同相轴连续, 资料质量可靠, 认为寨沟湾潜高仍然存在, 东南面的⑥断层向西北方位移动, 西北面的⑨断层向东南方向移动, 整个高点东移, 且圈闭变得窄小, 寨沟 3 井落入⑨断层下盘复杂带, 据此更改钻井目标为投影到 01FDS019 测线 1666CDP 点, 新目标从当时井眼向 $102^\circ \sim 112^\circ$ 方向钻进, 水平移位控制在 830~930 m。侧钻至井深 3452 m, 仍发现长兴组增厚, 电测证实长兴组地层已钻 663 m 未完, 比原井

作者简介: 冯万奎, 1948 年生, 高级工程师, 长期从事油气田滚动勘探与开发的管理工作。地址: (400021) 重庆市江北区大石坝。电话: (023) 67311340。E-mail: xfs@cgrc.com.cn

眼增厚 377 m,两井井底水平距离仅 212 m,厚度相差 377 m,说明井仍然落在陡带,但过寨沟 3 井的 01FDS19 测线,水平叠加剖面波组关系十分清楚,偏移和时深剖面上,下二叠统顶、底反射同相轴连续,尤其是下二叠统顶反射十分清楚,目前的实钻轨迹应该钻遇下二叠统顶。通过对测线坐标、井口坐标、井眼轨迹及资料处理环节的反复核查,均未发现问题,由此认为目前的二维地震资料已无法解释该井地下构造形态。

三、寨沟 3 井失利原因分析

图 1 是寨沟 3 井原井眼及第一次侧钻井眼所恢复的地质剖面 and 过井地震剖面。通过比较可见:二者在地层倾向、倾角及高点位置方面均差别很大,实钻恢复地质剖面显示,寨沟 3 井原井眼及第一次侧钻井眼在长兴组下部—茅口组顶部层段均已落入构造东翼陡带,地层倾角在 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$,并具有从浅至深、从西向东地层倾角增大特点;而从地震水平叠加及偏移剖面中井的轨迹分析,寨沟 3 井原井眼应落入构造西翼陡带,寨沟 3 井第一次侧钻井眼井底应位于高点轴部偏西附近,其预测结果与实钻相反。

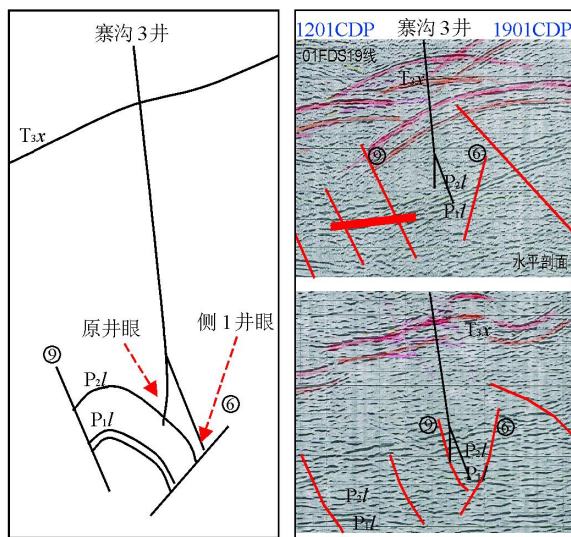


图 1 寨沟 3 井地质、地震剖面及解释方案图

在寨沟 3 井第一次侧钻井眼靶心选择论证时,曾利用了仅相距其 1 km,已顺利完钻的寨沟 1 井过井剖面进行了比较(图 2),图中两井轨迹对应的剖面构造位置基本一致,并且与其正交的顺构造轴部展布的联络测线也反映主测线侧面波的可能性较小。另外,在川东高陡构造主体陡翼断层下盘常见的因高速增厚层所引起的下伏潜伏高带时间域与深度域

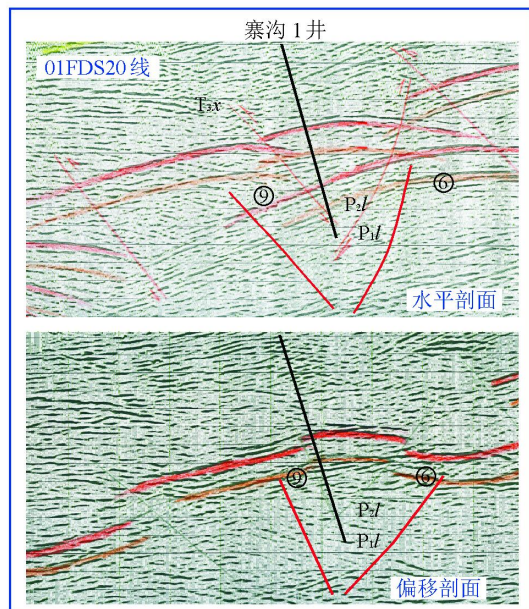


图 2 寨沟 1 井过井地震剖面解释方案图

构造形态“畸变”现象,在寨沟湾潜伏高带剖面段上表现也不明显,所处理的叠前深度偏移剖面同样未见明显高点偏移现象,因此,仅从过井二维地震剖面中较难分析出寨沟 3 井原井眼及第一次侧钻井眼失利的原因,更无法提出下步侧钻靶心的位置。

四、多方位 VSP 技术的成功应用

目前,将多方位 VSP 技术用于构造解释在国外油田较成熟,在国内各油田主要是利用多方位 VSP 对井旁地层属性进行描述,而用于其构造研究的则较少。但从四川油气田勘探已从盆内走向盆地边缘等构造最复杂区的现状看,仅利用地震资料解决复杂构造难题是不能完全跟上勘探进程的,所以利用多种不同的技术与常规地震勘探技术相结合,研究复杂构造已刻不容缓,而利用多方位 VSP 技术探索寨沟 3 井井区构造难题就是这一方面的新举措。

图 3 是寨沟 3 井 4 个非零井源距震点与地震测线位置图,其 VSP 采集布设主要是为了得到好的 V_1 、 V_2 方向(即地震主测线方向)及 V_3 、 V_4 方向(即地震联络测线方向)的 Z 分量记录,以查明寨沟 3 井井区地层陡带形迹和高点位置,为下一步钻探目标提供依据。由于该井区的二叠系—石炭系构造复杂,翼部地层倾角大($40^{\circ} \sim 60^{\circ}$),在对野外 Z 分量记录进行 VSP-CDP 转换处理时,需建立能反映该区复杂构造形态的构造模型进行约束处理。其合理模型的建立主要是在综合了两井的地质资料及川东高陡构造的特征基础上,采用构造模型正演验证方法,使

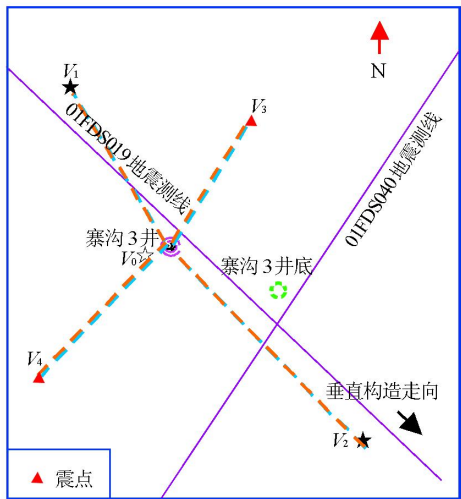


图 3 VSP 震点井位及地震测线位置图

模型正演理论剖面与实际地震剖面成像面貌逐渐逼近,以确定出能用于 VSP-CDP 转换处理的模型。图 4 是最终选用的模型及其正演结果与地震剖面比较图,图中正演剖面与地震剖面高、低反射层关系及位置较吻合,说明其模型能反映浅、中层主要目的层的

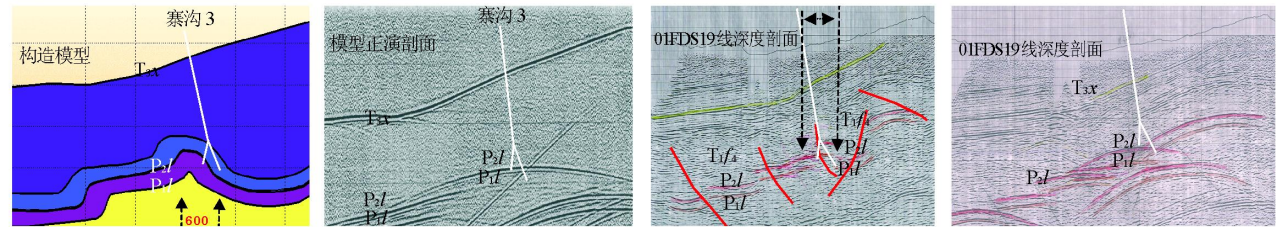


图 4 寨沟 3 井模型正演与过井地震剖面比较图

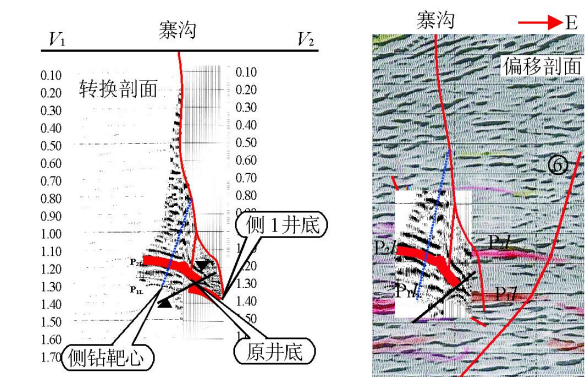


图 5 V₁—V₂ 方向 VSP-CDP 转换剖面及镶嵌剖面

五、结 论

利用多方位 VSP 技术对川东寨沟 3 井失利井进行目标论证是在四川油气区还是首次探索,它的成功运用说明该项技术对解决复杂构造难题是可行

构造形态。
图 5 是把 V₁、V₂ 震点的 VSP-CDP 转换剖面拼接在一起,并镶嵌在地震偏移剖面中的比较图。可见其拼接 VSP-CDP 转换剖面不仅能较清楚地反映寨沟湾潜伏构造上二叠统底界的高点位置及东翼的构造形态,直观地显示寨沟 3 井原井眼及第一次侧钻井井眼井底所处的构造部位,而且能获得陡倾角翼部信息。从转换剖面可见:该高点应位于寨沟 3 井井口垂直下方附近,其东翼地层倾角陡,最陡处已大于 55°;而寨沟 3 井第一次侧钻井眼实际是顺着上二叠统底界地层向下进入东翼陡带,但地震偏移剖面显示其高点位置相对转换剖面向东偏移了约 600 m,正位于寨沟 3 井第一次侧钻井眼井底下方,致使该井靶心选择失利。

根据以上分析,综合寨沟 3 井 VSP-CDP 转换剖面及模型的高点位置的认识,再次提出了寨沟 3 井第二次侧钻目标的建议并被采纳,经实钻验证,第二次侧钻井轨迹由构造东翼正常进入下二叠统,准确命中石炭系高点,并获高产气流,经测试产气 129×10⁴ m³/d。

的。在地震资料难以解释地腹复杂构造格局时,多方位 VSP 技术能根据需从井区不同方位获得地腹 CDP 转换剖面,从不同角度反映构造细节变化,正确选择井底目标,尽力避免钻探失利。在复杂构造带或盆地边缘构造区的勘探开发工作中,肯定会遇到较多的地震、地质难题,该项技术的推广对解决复杂构造难题以及对失利井进行再次目标论证具有重要的指导作用。

参 考 文 献

[1] 朱光明.垂直地震剖面方法[M].北京:石油工业出版社,1992.
[2] 谢明道.垂直地震剖面法应用技术[M].北京:石油工业出版社,1991.
[3] 李庆忠.走向精确勘探的道路[M].北京:石油工业出版社,1994.

(收稿日期 2006-03-16 编辑 韩晓渝)