

Application of Residual Oil and Gas Prediction Technology Based on Seismic Reconstruction Data Volume in Yingmai 21 3D Area

Han Zheng^{1,2} Hai Su¹ Lei Hu³ Zhenzhou Li³ Yanqi Chen²

1. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China
2. Korla Branch of BGP Geophysical Research Institute, CNPC, Korla, Xinjiang, 841000, China
3. Dagang Branch of BGP Geophysical Research Institute, CNPC, Tianjin, 300270, China

Abstract

Many oil and gas fields in Tarim Basin have entered the middle and late stage of development. The prediction and description of the distribution of remaining oil and gas is the key to the potential enhancement of oil and gas fields. For the prediction and description of residual oil and gas distribution, there are two main earthquake prediction methods: Due to the complex seismic and geological conditions of the developed oil and gas fields in the Tarim Basin and the harsh preconditions for the application of these two methods, the prediction effect of these two methods is not good. Therefore, it is urgent to seek a simple and practical method for the prediction of residual oil and gas suitable for the Tarim Basin. Through exploration and practice, the author puts forward a prediction method of residual oil and gas based on seismic reconstruction data, which has achieved good application effect in Yingmai 21 3D area, indicating the direction for the exploration of residual oil and gas potential in the old area.

Keywords

Tarim Basin; residual oil and gas; reconstruction; time-shifted earthquake; 3.5 dimensional earthquake

基于地震重构数据体的剩余油气预测技术在英买 21 三维区的应用

郑晗^{1,2} 苏海¹ 胡雷³ 李振周³ 陈彦奇²

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 中国·陕西 西安 710065
2. 中国石油集团东方地球物理公司研究院库尔勒分院, 中国·新疆 库尔勒 841000
3. 中国石油集团东方地球物理公司研究院大港分院, 中国·天津 300270

摘要

塔里木盆地已有多个油气田进入开发中后期, 剩余油气分布的预测与描述是油气田挖潜增效的关键。对于剩余油气分布的预测与描述, 当前主流的地震预测方法主要有两种: 时移地震和3.5维地震, 由于塔里木盆地已开发油气田地震地质条件比较复杂, 再加上这两种剩余油气预测方法应用的前提条件比较苛刻, 导致这两种方法的预测效果都不佳, 迫切需要寻求一种适合塔里木盆地的简单、实用的剩余油气预测方法。笔者通过探索、实践, 提出了基于地震重构数据体的剩余油气预测方法, 并在英买21三维区取得了较好的应用效果, 为老区剩余油气挖潜指明了方向。

关键词

塔里木盆地; 剩余油气; 重构; 时移地震; 3.5维地震

1 引言

剩余油气分布的预测与描述是油气田开发中后期油气藏描述的首要任务^[1]。油气田开发进入中后期以后, 长期的开采让原始处于富集状态的油气变得零散分布, 导致油田产量下降, 因此搞清剩余油气的分布是关系油田生存的一项重

要课题^[2]。

对于剩余油气分布的预测与描述, 当前主流的地震预测方法主要有两种: 一是时移地震, 时移地震主要是利用不同时间采集地震资料的差异来反映地下储层流体变化, 它的基本假设是非油藏因素引起的地震响应特征保持不变, 油气藏本身在开采过程中的地震响应是随时间变化的; 二是3.5维地震, 利用高精度的二次开发三维地震资料空间解释成果, 结合油气田开发空间动态信息, 建立储层地质信息与油气藏开发动态信息之间的关系, 从而实现剩余油气分布的预

【作者简介】郑晗(1994-), 女, 中国河北保定人, 在读硕士, 助理工程师, 从事地震资料解释和地震反演研究。

测^[3]。这两种剩余油气预测方法应用的前提条件比较苛刻，同一区块两期以上的地震资料采集是基本前提条件，此外，时移地震对地震资料处理要求较高，两期地震资料不仅要保幅，而且具有较好的一致性，而3.5维地震要求开发动态信息与二次三维地震信息具有明确的相关性。

在塔里木盆地，虽然在多个已经进入开发中后期的油气田实施了二次开发三维，但是由于地震地质条件比较复杂，仍然难以满足时移地震和3.5维地震研究的需求。因此迫切需要寻求一种适合塔里木盆地的简单、实用的剩余油气预测方法。作者通过探索、实践，提出了基于地震重构数据体的剩余油气预测方法，并在英买21三维区取得了较好的应用效果。

2 方法原理

地震子波分解与重构技术是近年出现的一项具有革新意义的地震解释技术。在常规地震道褶积模型中，一个地震道可以理解为或解释为一个地震子波与地层反射系数序列的褶积，即

$$S(t) = W(t) * R(t) + N(t) \quad (1)$$

其中， $S(t)$ 为地震道，无量纲； $R(t)$ 为反射系数序列，无量纲； $W(t)$ 为地震子波，无量纲； $N(t)$ 为噪声，无量纲。

然而这个单一子波的褶积模型与实际情况有很大差异^[4]。受大地滤波、能量扩散、干涉和多次波等因素影响，地震子波在传播过程中子波的形状会发生改变。因此，多子波模型理论上更符合实际（图1）。在将地震道分解为一组子波后，通过子波的主频实现对子波进行分类、筛选，从而提取出与研究目标相关子波信息，即“子波重构”。

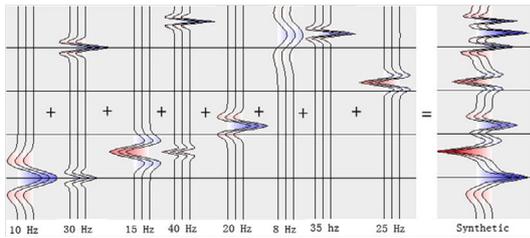


图1 多子波地震道模型

3 应用效果

英买21二次开发三维地震采集于2015年，三维区内主要有两个气藏：英买21和英买23古近系底砂岩底水块状气藏，针对这两个气藏，利用高保真、高保幅的二次开发三维地震资料，基于子波分解重构的地震数据体，挖掘剩余油气信息，开展剩余油气分布预测。

3.1 英买21区块

英买21区块2007年6月投产，共有4口开发井：YM21、YM211、YM21-1、YM21-2。2008年5月见水，见水后3个月进入递减阶段，2011年5月4口开发井因高含

水且油压持续下降全部停产，2012年1月YM21侧钻恢复生产，区块进入调整阶段，2014年12月全部关井，区块停产，累产油10.7万吨，气4.78亿方，水2.98万吨。2016年5月对英买21古近系底砂岩气藏进行储量核算，核算结果表明英买21古近系气藏目前油气采出程度低，天然气采出程度为9.52%，剩余储量可观。另一方面，虽然构造变化较大，但从跟踪的气藏剖面来看，英买21气藏还有潜力可挖。

如何将英买21气藏的潜力转化为实实在在的效益，不仅需要进一步落实构造特征，还需要对剩余油分布进行预测，为开发井位的部署提供更为充分的依据。

图2为英买21气藏区重构前（图2B）、后（图2A）连井地震剖面以及流体分布预测剖面（图2C），重构频段为35-70HZ。通过精细合成记录标定，古近系底砂岩标定在波谷（图2黄色虚线）。YM211、YM21-1、YM21皆因高含水且油压持续下降而关井，在原始地震剖面上，这三口井周缘与井间的地震响应特征几乎一模一样，没有明显的差异性，都表现为中-强振幅的地震反射特征。而在中高频信息重构的地震剖面上，相对于井间，这三口井周缘地震反射振幅明显减弱。井周与井间地震反射振幅能量的相对差异与油气水置换密切相关。井资料分析结果表明该气藏流体界面为底水整体抬升加单井局部锥进（图2C）的模式。2014年新钻井YM21-1H显示油水界面整体抬升3m，相对于平均25m的油气柱高度，底水整体抬升对地震信息的影响几乎可以忽略不计，即使有影响，也是全局性的，不会造成井周缘与井间这种巨大差异，故可以排除。据此认为单井局部锥进是造成地震中高频信息反射能量相对减弱的主要影响因素，单井局部锥进致使气藏顶面上下波阻抗差减小，反射系数减小，从而导致地震反射能量减弱，中-高频信息表现的尤为明显，反过来，中高频信息反射能量较强的锥间带剩余油气富集。

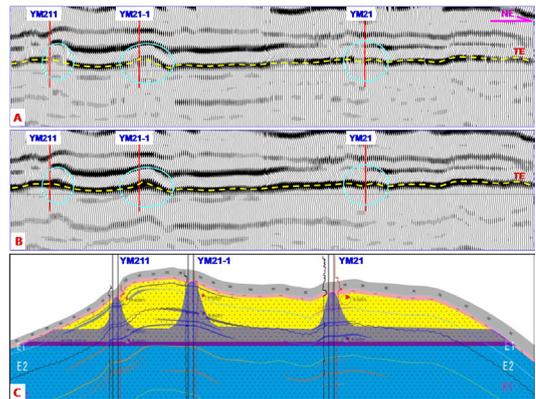


图2 重构前（B）、后（A）连井地震剖面及流体分布预测剖面（C）

基于以上认识，基于重构数据体，预测古近系底砂岩剩余油气平面分布。图3为英买21区块重构前（A）后（B）古近系叠后油气检测平面对比图，蓝色指示油气响应差，红

色指示油气响应好。整体来看，二者与构造都较为匹配，但对井吻合度而言，后者远远高于前者。除了因构造原因失利的 YM21-1H，剩余所有因高含水而关井的井与重构前的油气检测结果都不吻合，而与重构后的油气检测结果高度吻合：YM211、YM21、YM21-1 都处于油气响应较差的蓝色区域，YM21-2 处于红蓝过渡带，油气响应一般。

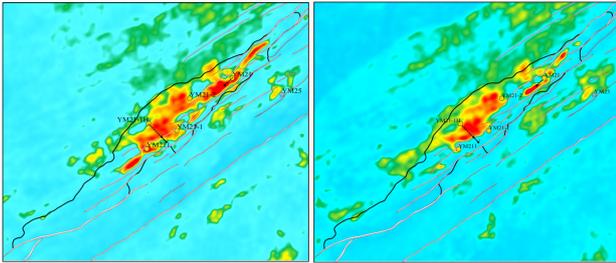


图3 英买21区块重构前(A)、后(B)古近系底砂岩油气检测平面对比图

此外，动静态资料综合分析表明，英买21气藏区可能分为多个相对独立的压力系统：首先从英买21区块压力梯度分析图(图4C)上可以看出，YM21、YM211、YM21-1、YM21-2 原始地层压力相当，大概都为47MPa，但气层中部海拔深度相差较大，不在同一条等深线上，初步判

断这四口井不属于同一个压力系统。其次从英买21区块各井地层压力下降图(图4A)上可以看出，4口井初期地层压力下降基本一致，2009年，YM21-1井区平均地层压力33.18MPa，年压力下降为6.97MPa，YM21-2井区平均地层压力为46MPa，年压力下降不到1MPa，压力下降不一致在2010年，气藏内部压差高达9.34MPa，气藏连通性差，断层有局部封堵的作用。此外，区块4口井气油比差异大，投产初期最大相差2000，后期相差5000多(图4B)。最后从气藏内部构造特征(图4D)来看，整体西南低，东北高，气藏内部发育四个局部高点。综合分析认为，英买21气藏可能分为YM211、YM21-2、YM21、YM211南四个压力系统，其中前三个已开发，YM211南压力系统待评价(图4D)。

就已开发的YM211、YM21-2、YM21压力系统而言，基于重构地震数据体的叠后油气检测结果(图5)符合压力动态变化特征(表1)：压力保持程度最好的是YM21-2井区，剩余油气最为富集，面积为2.6km²(图5南白色虚线)；压力保持程度较好的YM21井区，剩余油气较为富集，面积为1.1km²(图5北白色虚线)；压力保持程度最差的是YM211井区最差，油气水置换程度较高，剩余油气不富集，前两个井区是剩余油挖潜的有利靶区。

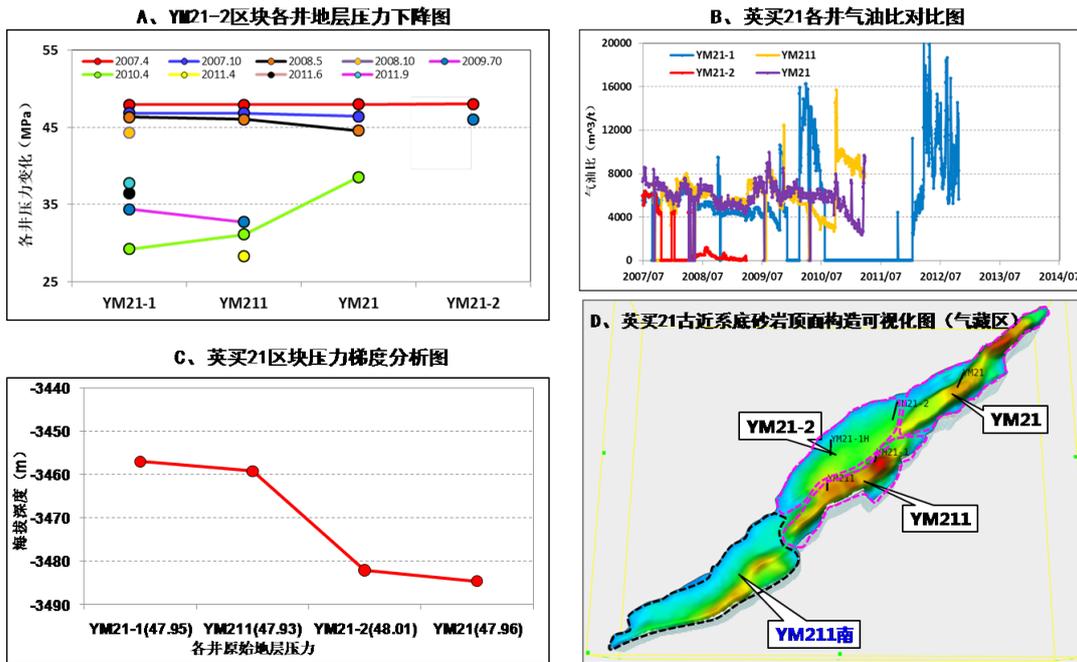


图4 动静态资料分析图

表1 英买21区块压力保持程度对比表

时间	地层压力 (Mpa)				压力保持程度 (%)			
	YM21-1	YM211	YM21	YM21-2	YM21-1	YM211	YM21	YM21-2
2007	46.64	46.85	46.41	48.01	100	100	100	100
2008	44.23	46.04	44.56		94.83	98.27	96.01	
2009	34.38	31.12		46	73.71	66.42		95.81
2010	29.23	28.29	38.57		62.67	60.38	83.11	

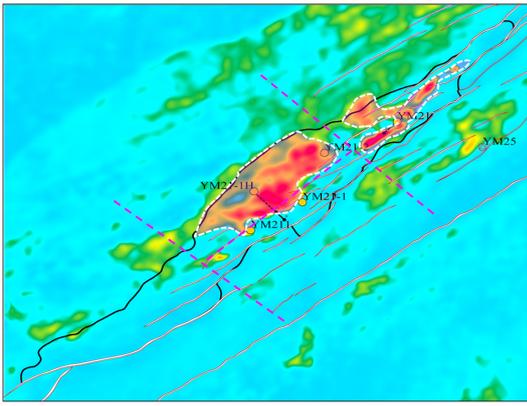


图5 英买21区块古近系底砂岩油气检测平面图

3.2 英买23区块

英买23区块有两口投产井：YM23和YM231。YM23井2007年7月投产，截止到目前，累产油6.1万吨，气3.8亿方，不含水；YM231井2013年7月投产，截至目前，累产油2.9万吨，气1.85亿方，同样不含水。虽然该区块目前不存在剩余油挖潜的问题，但基于重构地震数据体，也取得一些比较有意义的认识，这为该气藏的高效开发提供了依据。

图6为英买23气藏区重构前(B)、后(A)连井地震剖面，重构频率段为35-70HZ。通过精细合成记录标定，古近系底砂岩标定在波谷(图6黄色虚线)。在原始地震剖面，相对于英买231井周缘，英买23井周缘地震反射振幅较强，而在中高频信息重构的地震剖面上，地震反射振幅强弱发生反转，YM231井周缘地震反射振幅远大于YM23井周缘。

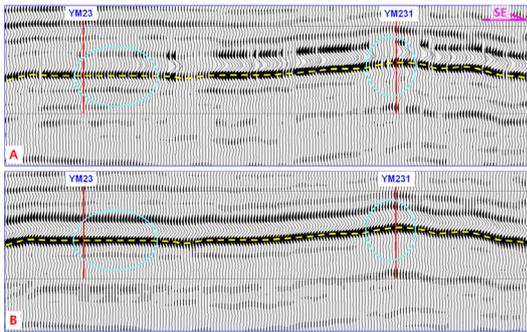


图6 重构前(B)、后(A)连井地震剖面

分析认为，导致这种差异变化的影响因素主要有两个：首先是地质因素，相对于YM231，YM23构造位置更高，相同的油气采出量，构造位置更低的井波及范围更大，对地震反射信息的影响更大；其次是开发因素，相对于YM231，YM23投产较早，油气采出量是YM231的两倍多，相同的构造位置，油气采出量更大的井波及范围更大，对地震反射信息的影响更大。YM23构造位置更低，油气采

出量更大，双重不利因素导致地震中高频信息反射振幅相对减弱。

图7为英买23区块重构前(A)、后(B)古近系底砂岩叠后油气检测平面对比图，蓝色指示油气响应差，红色指示油气响应好，整体来看，二者与构造匹配程度较高。对比分析，重构前后油气响应强弱的相对关系发生明显反转，这种变化揭示了两点非常有意义的信息：首先可以清晰反映英买23生产井的平面波及范围，就是气藏内部英买23井所在的局部高点；其次预测结果表明，相对于YM231所在的东高点，YM23所在的西高点剩余油气富集程度相对较低，在不远的将来，存在见水的可能性，建议提前采取相关措施，延长该井的无水采油期，提高单井产量、气藏采收率。

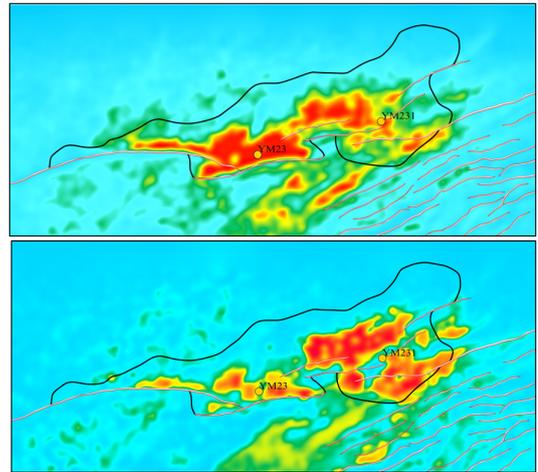


图7 英买23区块重构前(上)、后(下)古近系底砂岩油气检测平面对比图

4. 结论

①基于重构地震数据体的剩余油气预测技术提高了剩余油气预测精度，为进入开发中后期的油气田的挖潜增效提供了依据。

②基于地震重构数据体的剩余油气预测技术对二次三维地震资料处理提出了更高要求，不仅要保幅，还要保频。

参考文献

- [1] 杨懋新,庞跃武,卢春阳,等.应用三维高分辨率地震技术进行剩余油预测的方法探讨[J].石油物探,2001(3):40.
- [2] 何琰,余红.微构造对剩余油分布的影响[J].西南石油学院学报,2000,22(1):24-26.
- [3] 孙德胜,凌云,夏竹,等.3.5维地震勘探方法及其应用研究[J].石油物探,2010(5):49.
- [4] 陈海清,范金源,贺保卫,等.地震资料解释新技术在柴达木岩性勘探中的应用[J].石油地球物理勘探,2008,43(Z1):78-85.