

文章编号: 1000-0550(2008)03-0392-07

柴西南地区古近系—新近系井—震统一 层序地层格架的建立^①

张道伟^{1,2,3} 史基安¹ 李传浩⁴ 吴光大³ 董文举¹ 杨乾政³

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所气体地球化学重点实验室 兰州 730000; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049;
中国石油青海油田勘探开发研究院 甘肃敦煌 736202; 4. 中国石院长庆油田第三采油厂 陕西吴起 717600)

摘要 柴西南地区古近系—新近系是柴达木盆地最主要的油气勘探区和开发区,通过对 54 口钻井和录井资料的详细层序地层学的研究,对研究区古近系—新近系的干柴沟组—狮子沟组地层中识别出了一个初次湖泛面和六个最大湖泛面,将其划分为 6 个三级层序和 17 个准层序组,并对十条连井剖面进行了层序对比。在此基础上,对柴西南三维地震区切出了与前述的钻井连井剖面相同的连井地震剖面,并通过对地震剖面层序界限识别和划分,以及将钻井剖面上的层序划分结果投影到连井地震剖面中等方法,对钻井剖面和地震剖面的层序划分结果进行了对比和调整,使两者完全统一,建立了柴西南区古近系—新近系井—震统一的高精度层序地层格架,这为该区开展岩性油气藏勘探奠定了基础。

关键词 层序地层格架 柴达木盆地 古近系 新近系 钻井—地震剖面

第一作者简介 张道伟 男 1972 年出生 博士 储层地球化学 E-mail: zdwqh@petrochina.com.cn

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

柴西南区位于柴达木盆地西部,西起七个泉东到东柴山,南抵昆仑山前北止英雄岭,面积约 3 500 km²,是柴达木盆地最主要的油气勘探区和开发区(图 1)。2002 年以来,青海油田在柴西南的七个泉、红柳泉等地区开展了岩性油气藏的勘探,取得了一些成果^[1],但对该区古近系—新近系层序地层、层序内部的沉积体系、沉积微相和储集层展布规律以及油气成藏模式等认识有待于进一步的深入,因此,科学地建立古近系—新近系层序地层格架对该区寻找岩性油气藏具有重要意义。

1 区域地质概况

柴达木盆地是发育在柴达木地块基础上的中生代内陆叠合性山间盆地,盆地基底为下古生代或前古生代花岗岩系和变质岩系,整个盆地由中生代前陆单型盆地、古近纪—新近纪转换裂陷单型盆地、第四纪挤压挠曲单型盆地叠合而成。由于受阿尔金和昆仑山两大山系的影响,其构造、沉积演化明显受控于两断裂的活动。其中柴西南区在中、新生代总体上经历了早期断陷、中期拗陷和后期沉积拗陷中心转移 3 个构造演化阶段。新生代构造演化主要经历了古、始

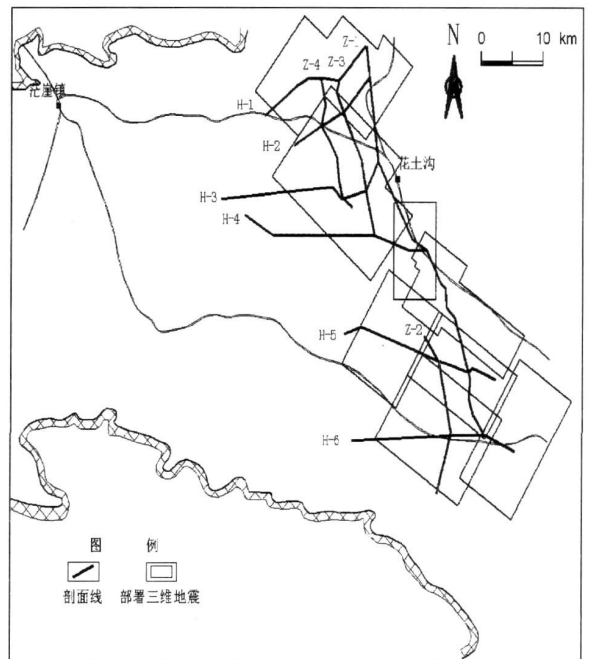


图 1 研究区的位置

Fig 1 The location of the study area

新世—中新世的走滑拉分断拗复合盆地阶段和新近纪上新世—第四纪褶皱回返二个盆地演化阶段^[2-5]。

^①国家重点基础研究发展计划(973)(编号:2006CB202305)和中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-147)资助。

收稿日期:2007-06-23 收修修改稿日期:2007-09-11

柴西南区古近系—新近系就是在上述构造背景下,受古地貌和气候影响形成的冲积扇—河流—辫状三角洲—湖泊沉积体系。

2 古近系—新近系层序地层划分的依据

本文层序地级别分类和命名原则上沿用 Van der Wal 等的“沉积层序”的概念和术语^[6,7],将柴达木盆地西南地区古近系—新近系沉积层序分为 5 个级别,其中 1~3 级的层序为构造成因^[8],或全球性海平面变化引起的,而 4~5 级层序,则是局部作用引起的、小范围分布的。I、II 级层序的划分基本沿用前人的研究成果^[9],即古近系—新近系自下而上划分为一个 I 级层序、三个 II 级层序。七个 II 级层序的划分依研究区的 T_6 、 T_5 、 T_4 、 T_3 、 T_2 、 T_2 、 T_1 标志层作为 II 级层序的界限。

I 级层序代表了柴达木盆地古近系—新近系整体自下而上由粗—细—粗的完整旋回。三个 II 级层序代表了中生代末至第三纪末的三次较大规模的构造运动,分别是中生代末的燕山 III 幕、上—下干柴沟组之间的喜山 II 幕以及上—下油砂山组之间的喜山 IV 幕等构造运动。七个 III 级层序中, T_6 界面是晚燕山 III 幕构造运动面,为第三纪盆地底界面,代表了约 70 Ma 无沉积和剥蚀过程,标志着第三纪盆地是在漫长的克拉通化过程之后又新产生的大幅度裂隙和快速沉积形成的盆地; T_5 界面是喜山 I 幕构造运动面,介于渐新统干柴沟组与始新统路乐河组之间,地震剖面上为两个地震层序的分界面,对下伏地层具有削蚀和

截切现象,上覆地层层序与界面为底超关系,在测井曲线上表现为十分清楚的物性值突变,在盆地边缘常见干柴沟组超覆于古老基底之上; T_2 界面是喜山 III 幕构造运动面,为中新统与上新统分界面,在柴西七个泉和红柳泉等地见明显的角度不整合,上新统油砂山组超覆于不同的层位之上,该界面表现为转换沉降和承受挤压的特点,是第三纪盆地两大演化阶段的分界面; T_1 界面是形成于上新世中期末,是湖退滞后凝聚层,形成后又被构造运动叠加而产生的一复合界面,为喜山 V 幕构造运动在盆地的响应,在盆地边缘的红柳泉、七个泉等地,狮子沟组超覆于不同层位之上,表现为明显的角度不整合,而在盆地内部该界面为一相转换面。该界面的形成代表盆地西部进一步隆升,沉积中心东移; T_4 、 T_3 为相转化面,代表了盆缘控制断裂间歇式活动影响下盆地沉积速率的幕式变化界面。柴西南地区地层超覆不整合及其界面特征见图 2。

2.1 IV 级层序 (准层序组) 界面的识别

IV 级层序界面包括层序的边界 (不整合面)、初次洪泛面 (低水位体系域与湖侵体系域的界面) 和最大洪泛面 (湖侵体系域与高水位体系域的界面)。在柴西南地区古近系—新近系地层中, IV 级层序一般由湖侵体系域和高水位体系域组成,低水位体系域不发育,只在 E_3^1 中发育低水位体系域。

陆相层序边界被定义为以其不整合面性质或与其相对应的整合面来确定的。层序边界的识别是进行层序地层分析的关键,有许多学者进行了论述^[10~13]。由不整合面确定的层序边界容易理解和识别。例如,研究区 T_5 界面,喜山 I 幕构造运动面,为

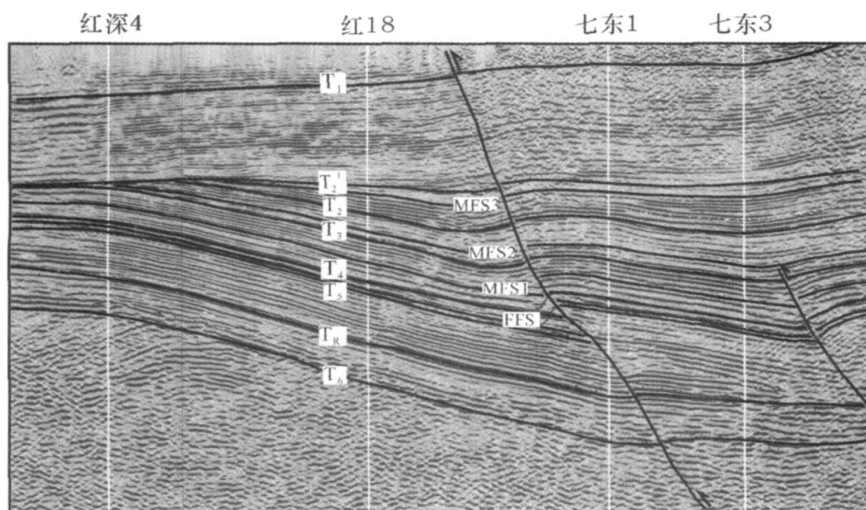


图 2 柴西南地区地层超覆不整合及其界面特征

Fig 2 The stratum overlap unconformity and its characteristics of boundary surface in western Qaidam basin

始新统与渐新统分界面, 研究区见明显的角度不整合。与之相对应的整合面标准和识别标志较难把握。准确合理地划分层序, 其关键是如何准确地识别和追踪层序的边界, 本文运用以下依据来划分研究区 IV 级层序。(1)层序边界的典型特征之一, 是边界下伏层序的湖岸上超点向盆地中心迁移, 其在钻井剖面中表现为沉积相向盆地方向的迁移, 即浅水粗粒的沉积物逐渐覆盖于较深水沉积物之上。例如, 红 18 井 1 830 m 处, 上部浅水粗粒的含砾粗砂岩夹紫红色泥岩覆盖于下部的较深水沉积的灰色泥岩夹砂岩之上, 因此该界线可作为层序边界。(2)由于层序边界之下为高水位体系域, 水体有向上变浅的趋势, 反映在粒度上一般是向上逐渐变粗。而层序界面之上是低位或湖侵体系域, 水体有向上变深的趋势, 反映在粒度上为向上逐渐变细。因此, 碎屑岩粒度由向上变粗至变细的转化面可以作为层序边界的识别标志, 这种层序界面是研究区古近系一新近系地层中最为常见的。(3)底冲刷面, 在区域上可以对比的底冲刷面代表基准面下降过程中, 在基准面低于地形表面的区域地表遭受冲刷下切, 只有基准面到达最低点开始向上回升高于被冲刷后的地表表面, 才开始接受充填。这样实际保存下来的岩层是基准面上半旋回的产物, 因此, 底冲刷面是层序地层界面。其界面特征多为河道底部充填砂岩与下部岩性形成明显的粒级差, 在持续发育河道的部位粒级差不明显但有冲刷现象。研究区 E_3^1 底部普遍发育的砾岩底部可以作为很好的层序边界。(4)层序边界不整合面常伴随有侵蚀作用, 在研究区盆地西南缘的七个泉等地区, T_2 界面为明显的角度不整合, 上油砂山组超覆于不同的层位之上。(5)反映基准面变化的多级退积 + 进积岩性相成因组合, 测井曲线组合形状反映的相序演变趋势发生转折处即为层序界面, 所以边界一般为测井曲线 (SP 和 Rt) 幅度最大的位置。研究区中, 非湖区和非冲刷区其对比标志不明显只能依靠退积 (加积) + 进积组合来确定层序界面。划分该组合的工作从两方面入手: 一方面根据野外露头 and 岩心划分最小成因单元并从小到大逐级组合划分。划分时主要参考总组合的成因、规模和时空配置逻辑。(6)在柴西南地区低水位体系域并不发育, 因此地层的叠置方式由进积式向退积式转变的位置常可作为层序边界的划分标志。

2.2 洪泛面的识别

洪泛面是在湖泊中湖面水位上升达高点位置时所发育的欠补偿沉积界面。对应基准面上升达最高

点位置时的沉积界面。该界面是进积组合向加积、退积组合变化的相转换面, 是确定层序界面重要的参考面。其岩性特征是可在区域上, 区块上对比的油页岩、泥岩和与之对应的非湖相沉积的细粒碎屑岩岩层。在柴达木盆地西南部地区古近系一新近系可识别出 6 个洪泛面, 其中发育于 E_3^2 中部的最大洪泛面是本区第三纪最大一次湖侵的反映, 这些洪泛面是多级旋回的相转换面。

初次洪泛面是层序内部一个重要的分界面, 初次洪泛面之下为低水位体系域, 之上为湖进体系域。陆相湖盆层序模式中的初次洪泛面及低水位体系域根据特定盆地的地形波折带来进行识别和划分, 或者是明显将原来范围较小、水深不同、形态各异的分隔水体连成一体洪泛面也可成为初次洪泛面。在研究区 E_3^1 下部确定出一个典型初次洪泛面, 例如, 是七 23 井 E_3^1 初次洪泛面位于 2 959.5 m 处, 其电测曲线自然伽玛上表现为从 2 970 余米处开始迅速增高, 到初次洪泛面达到最高。同样, 岩性从含砾砂岩变化为到初次洪泛面处的泥岩, 反映出该时期快速湖侵的特征 (图 3)。该初次洪泛面在区域上存在的重要特征有^[14]: (1)可以确定该界面是初次越过地形变化带的第一个湖岸上超点对应的界面, 在一些地震剖面上可以看出这个上超点可以超覆在前一个层序顶界面之上, 而这又是识别初次洪泛面的最重要标志。(2)在该界面之下普遍存在湖泛滞留沉积, 这是因为当洪泛面初次大幅度上升时, 湖平面越过地形变化带, 冲蚀缓坡河流沉积物, 因此常残留下较粗粒的沉积物。(3)该界面是典型的低水位体系域与湖侵体系域的转换界限。低水位体系域以河流沉积为特征, 常表现出垂向加积或退积序列, 而湖侵体系域以较深水的湖相沉积为特征, 常表现出向上泥岩厚度加大的退积式准层序组。(4)在该界限附近, 其沉积物的颜色、岩性、结构和古生物组合等均发生显著变化。

最大洪泛面是指在湖盆演化过程中, 湖平面达到最高、湖岸上超点达到向陆最远时期对应的洪泛面, 常形成分布范围广、色暗质纯、反映较深水环境的凝缩层。最大洪泛面是层序内的重要分界面, 该界面以下是湖进体系域, 该界面以上是高位体系域。在研究区古近系一新近系中可识别出 6 个洪泛面, 其中发育于 E_3^2 中部的最大洪泛面是本区第三纪最大一次湖侵的反映, 这些洪泛面是多级旋回的相转换面。这些最大洪泛面普遍具有以下特征: (1)在岩性录井剖面中, 最大洪泛面一般发育在稳定的泥岩段内或泥岩段

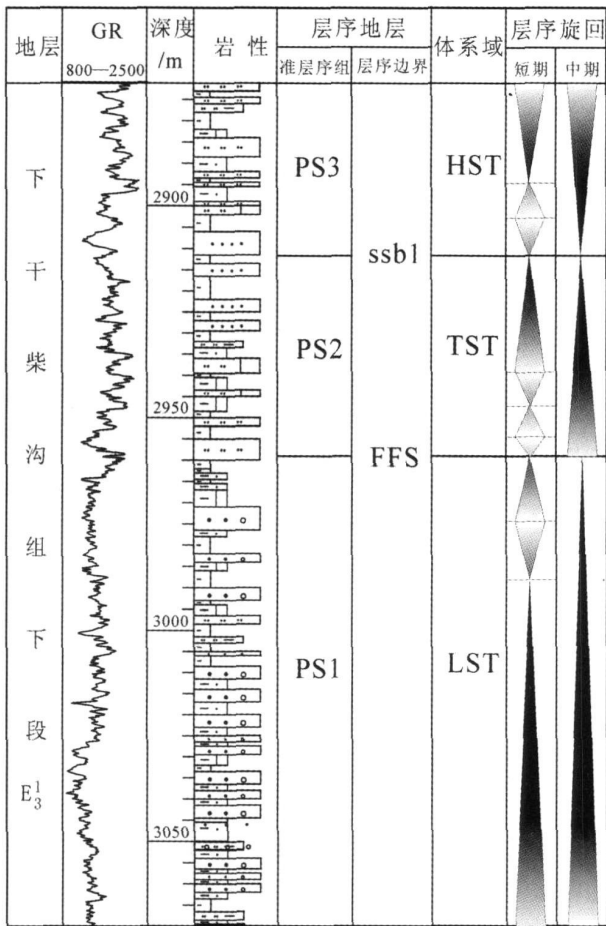


图 3 七-23井 E₃¹ 初始洪泛面特征

Fig 3 Feature of first lake flooding surfaces in Well Qi-23

的顶部和底部。(2)最大洪泛面一般对应于常规总伽马测井曲线的峰值,在自然伽马能谱测井中,运用铀、钍、钾以及它们的比率关系可以比较准确的识别最大洪泛面的位置,一般最大洪泛面具有高铀和低钍/铀的特征。(3)从沉积物粒度演变看,最大洪泛面处于粒度最细的位置,其下粒度呈向上变细趋势,其上粒度呈向上变粗的趋势。(4)从地层的叠置方式看,最大洪泛面处于退积式向进积式或加积式叠置方式转变的位置。(5)测井曲线上,最大洪泛面一般处于 SP 和 GR 曲线大段的泥岩基线内或电阻率曲线的最低值。例如,红 18 井 E₃² 最大洪泛面 (MFS1) 位于 2 214 m 处,自然伽马值从 2 230 余米处逐步增高,到最大洪泛面达到最高值,然后又逐步降低。岩性从细砂岩变为粉砂质泥岩、泥岩,然后又从泥岩变为粉砂质泥岩、细砂岩。反映出粒度从粗变为细,再变为粗的演变过程。

运用如上所述的层序界面和洪泛面划分方案,可

将研究区古近系—新近系的七个 III 级层序进一步划分为 17 个准层序组 (图 4)。

3 古近系—新近系层序地层格架的建立

在技术精度上,岩心和露头可识别层序到纹层之间所有级别的层序,测井识别的精度只能达到“层”级,而地震勘探最多只能识别准层序级别的层序。在进行层序地层学研究中,通过将井剖面上的精细层序地层学研究与地震剖面上的宏观地震层序地层学研究相结合,相互补充并对比验证。进行井剖面的精细层序与地震剖面上的宏观层序的结合对比,可以准确的确定层序界面的识别。

3.1 钻井层序划分对比

任何能够指示沉积环境与相序变化的岩心、岩屑、古生物、地球化学、测井等钻井资料,都可以用于钻井层序划分与对比。钻、测井资料的地质含义明确且分辨率高,它既可以用于识别大套层序界面也可以 IV~V 级高分辨率层序划分与对比。钻井层序划分对比的一般原理是:首先选择位于过渡相带的典型井,在岩心相分析的基础上,根据测井和录井资料反映的岩电组合特征,分析垂向上沉积相序演变过程,通过识别可容空间演变趋势的转化面和突变面,识别准层序、准层序组、体系域和层序边界,确定初步的划分方案;然后通过多条骨干连井剖面层序对比,调整层序划分结果,并根据地层叠置样式,识别准层序组和体系域边界,建立钻井剖面层序地层格架。

3.1.1 单井准层序组的划分

单井层序的划分和对比最常用的资料是测井曲线和录井岩性资料,本文通过对柴西南地区 54 口重点探井的古近系—新近系层序界限和沉积序列详细研究,遵循从大到小的划分原则 (即在 IV 级准层序组划分的基础上,以准层序组边界为约束划分准层序),以沉积序列和沉积相特征为基础 (即不同类型沉积相准层序的划分标志有所不同),对这些重点探井的准层序组进行了划分。

3.1.2 连井准层序组划分和对比

在研究区建立了 10 条连井层序划分对比剖面,这十条连井剖面准层序组地层格架的建立,为各个准层序的砂泥层段的横向追踪和预测提供了框架。准层序划分和对比的最主要的依据是相邻两口井有相似的岩电组合特征,并且从盆地边缘到盆地中心方向,准层序的厚度变化比较平稳或有一定的趋势,一般是逐渐变厚的。

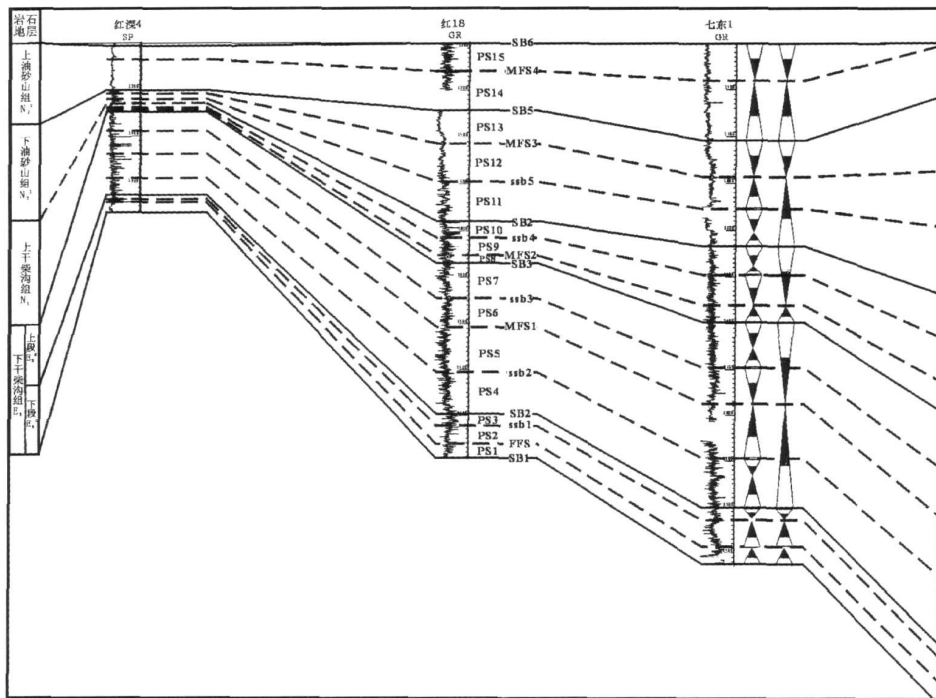


图 4 研究区准层序的划分与对比

Fig 4 Classification and comparison of parasequence in the study area

3.2 地震层序的划分

地震层序是以不整合及与之可以对比的整一地震反射为界,内部反射相对整一的地震反射单元。地震层序划分主要利用地震反射界面具有等时性。研究区柴西南地区基本上被三维地震所覆盖,这有助于建立系统、连续和区域对比的等时地层格架,将盆地沉积序列划分为不同级别的层序地层单元。

3.2.1 地震层序界面的识别

地震层序划分的关键是识别各级层序界面。这里的层序界面不仅界定一套层序的不整合界面,而且还包括层序内部存在的界定个层序单元的界面,如最大洪泛面和初次洪泛面等。

3.2.1.1 不整合面的地震识别

不整合面是代表地质历史记载中时间间断的侵蚀面和无沉积面,它往往与层序边界相对应。地下地层的接触关系表现在地震上可分为整一关系和不整一关系,前者代表地层之间的整合关系,而后者则对应地层之间的不整合关系,在地震上表现为不同反射轴之间的终止交切关系。根据反射终止的方式可分为四种类型:削蚀、顶超、上超和下超。不同的反射终止类型对应不同成因的不整合面类型,削蚀对应侵蚀型不整合,上超和下超则属于沉积型不整合。其中侵蚀型不整合与上超型不整合往往与层序边界对应。

研究区柴西南地区,其标志层 T_5 、 T_2 在七个泉、红柳泉等地为明显的角度不整合面,与 T_1 标志层为削蚀关系。

3.2.1.2 洪泛面的地震识别

研究区多条地震剖面上均可以识别出在下干柴沟组下段 E_3^1 的下部存在一条首次越过地形波折带的第一个湖岸上超点所对应的同相轴,该界线即为初次洪泛面的位置。

在地震剖面上,靠近盆地边缘最大洪泛面往往与下超面对应,但在研究区地震剖面上很难找到下超面,这种情况多发生在断陷盆地的断陷期。在此情况下,可以根据可容空间接近最大这一特征,在层序内寻找“上超点”接近盆地边缘最远处的“同相轴”作为该层的“最大洪泛面”。在研究区远离盆地边缘而位于盆地内部时,地震剖面上不存在下超和上超作为参考,这时最大洪泛面的特征多表现为分布最广、连续性最好的强反射。在研究区地震剖面中识别最大洪泛面的方法主要是,一个层序中最远湖岸上超点对应于最大洪泛面的位置,最大洪泛面对应的位置之上常存在上覆沉积层的系列下超点,它对应的地震反射界面常为强振幅、高连续的反射同相轴组成。此外,还要结合钻井的岩性和电性特征。

3.2.2 地震层序划分

根据地震反射特征可以识别出层序边界,并通过分析层序内部地层的叠置方式,应用三维资料进一步区分出低水位体系域、湖进体系域和高水位体系域。为了建立以层序地层学观点为基础的地震层序格架,在柴西南三维地震区切出了与前述的钻井连井剖面相同的连井地震剖面,以便将钻井和地震很好的统一起来。对研究区柴西南地区的十条剖面按照以下步骤划分:(1)对Ⅲ级层序界限而言,在每条剖面上,对剖面上的每一口过井通过层位标定,找出 T_7 、 T_5 、 T_4 、 T_3 、 T_2 、 T_2 、 T_1 标志层,对同一条剖面上的不同的标定和追踪,完成同一条剖面的上述Ⅲ级层序界限的标定(即层序边界 SB1、SB2、SB3、SB4、SB5、SB6)。对十条剖面上上述Ⅲ级层序界限完成追踪和交点的闭合。(2)对Ⅳ级层序界限而言,对研究区十条剖面的每条剖面Ⅲ级层序的内部,识别出层序的边界(ssb1、ssb2、ssb3、ssb4、ssb5)、初次洪泛面(FFS)和最大洪泛面(MFS1、MFS2、MFS3、MFS4、MFS5)。对十条剖面的层序边界、初次洪泛面和最大洪泛面完成追踪和交点闭合。

3.3 井—震统一层序格架的建立

钻井资料和地震资料的分辨率的差异,在层序划分和对比中的作用各有优势。一般情况下,Ⅲ~Ⅳ级及其内部的体系域界面在地震剖面上有清楚的显示,以地震层序划分为基础,准层序以钻井层序划分为基础。鉴于陆相地层横向沉积相变化快,通过井—震交汇对比,采用合成记录标定、岩电组合和波阻特征对比、地层结构对比等方法,使钻井层序划分和地震划分相互统一,从而保证对比结果的等时性。研究区柴西南地区井—震统一层序格架的建立是依照下述方法完成的。

3.3.1 层位标定

层位标定的任务就是确定钻井与地震的对应关系。本次研究中采用的层位标定方法是,根据研究区不同的区块,每一个区块井的时—深转化关系、合成记录、或者 V SP 测井资料确定井—震层位对比关系,确定钻井分层界面对应的地震反射界面。通过对选定工区的约 8 口井的上述资料与过井剖面认真对比,精确标定全区重要的地震反射层位。本次研究中重要的标志层 T_7 、 T_5 、 T_4 、 T_3 、 T_2 、 T_2 、 T_1 对应的地质意义分别为路乐河组、下干柴沟组下段、下干柴沟组上段、上干柴沟组、下油砂山组、上油砂山组和狮子沟组的底界。

3.3.2 单条过井地震剖面层位追踪

在上述层位标定等工作的基础上,对每一条连井剖面对应的连井地震剖面作为层序划分对比的基干剖面,通过井—震交汇对比的方法,建立每条剖面井—震统一的层序对比格架。

3.3.3 十条纵、横剖面层位追踪闭合

在前面单条过井地震剖面的井—震结合层序划分的基础上,对研究区三维工区 6 条横剖面和 4 条纵剖面首先完成Ⅲ级层序的 T_7 、 T_5 、 T_4 、 T_3 、 T_2 、 T_2 、 T_1 标志层追踪闭合。在Ⅲ级层序的框架内在对准层序组(Ⅳ级)层序完成追踪闭合。在此基础上,结合典型井沉积旋回、地震不整合界面和宏观的地层结构等方法。钻井准层序组(Ⅳ级)、准层序(Ⅴ级)初步划分之后,将界面投到地震剖面上,检查各井同一准层序组、准层序边界是否为同一个地震反射面,或者为可追踪的地震界面,否则对钻井准层序组、准层序分层进行调整。同理,地震准层序组、准层序初步划分结果,也需要返回到连井剖面上检查,看其是否符合划分的原则。在选定的十条剖面中,调整钻井和地震准层序组和准层序的划分结果,使二者完全统一,然后再延伸至全区。这种井—震统一的高精度层序地层格架的建立,为柴西南地区古近系—新近系中岩性油气藏的研究和勘探奠定了基础。

参考文献 (References)

- 1 陈新发主编. 西部石油天然气资源及发展战略 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2006 71-76 [Chen Xinfā Oil & Gas Resources and Exploration in Western Area of China [M]. Beijing Petroleum Industry Press 2006, 71-76]
- 2 夏文臣, 张宁, 袁小平, 等. 柴达木侏罗系的构造层序及前陆盆地演化 [J]. 石油与天然气地质, 1998 19(3): 173-180 [Xia Wenchen Zhang Ning Yuan Xiaoping et al. Jurassic tectonic sequences of Qaidam and foreland basin evolution [J]. Oil and Gas Geology 1998 19(3): 173-180]
- 3 付国民, 李永军, 石京平. 柴达木盆地第三纪转换裂陷盆地形成演化及动力学 [J]. 沉积与特提斯地质, 2001 21(4): 34-40 [Fu Guoming Li Yongjun Shi Jingping Evolution and dynamics of the Qaidam tertiary transform rift basin in Qinghai [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology 2001 21(4): 34-40]
- 4 翟光明, 宋建国, 靳久强, 等. 板块构造演化和含油气盆地形成与评价 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002 45-48 [Zhai Guangming Song Jianguo Jin Jiuchang et al. Plate Tectonic Evolution and Its Relationship to Petroliferous Basin [M]. Beijing Petroleum Industry Press 2002, 45-48]
- 5 曹国强, 陈世悦, 徐凤银, 等. 柴达木盆地西部中—新生代沉积构造演化 [J]. 中国地质, 2005 32(1): 33-40 [Cao Guoqiang Chen Shiyue Xu Fengyin et al. Cenozoic sedimentary and tectonic evolution of the western part of the Qaidam Basin [J]. Chinese Geology, 2005 32(1): 33-40]

- lution in the Western Qaidam Basin[J]. *Geology in China* 2005 32(1): 33-40]
- 6 威尔格斯 C K 层序地层学原理 [M]. 徐怀大, 魏魁生, 洪卫东, 译. 北京: 石油工业出版社, 1992 47-184[Wilgus C K *Sea-level Changes: an integrated approach* [M]. Translated by Xu Huaida Wei Kuisheng Hong Weidong Beijing Petroleum Industrial Press 1993 47-184]
 - 7 邹才能, 池英柳, 李明, 等. 陆相层序地层学分析技术——油气勘探工业化应用指南 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2004[Zou Caineng Chi Yingliu Li Ming et al *Sequence Stratigraphy: application to hydrocarbon exploration* [M]. Beijing Petroleum Industry Press 2004]
 - 8 顾家裕. 陆相盆地层序地层学格架概念及模式 [J]. 石油勘探与开发, 1995 22(4): 6-10[Gu Jiayu *Framework concepts and models of sequence stratigraphy in nonmarine petroliferous basin* [J]. *Petroleum Exploration and Development* 1995 22(4): 6-10]
 - 9 赵澄林, 等. 油区岩相古地理 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 2001[Zhao Chenglin et al *Lithofacies Paleogeography in Oil Area* [M]. Dongying Shandong Petroleum University Press 2001]
 - 10 邓宏文, 王红亮, 李熙*. 层序地层基准面的识别、对比及应用 [J]. 石油与天然气地质, 1996 17(3): 177-183[Deng Hongwen Wang Hongliang Li Xizhe *Identification and correlation techniques of sequence stratigraphic base-level and their application* [J]. *Oil & Gas Geology* 1996 17(3): 177-183]
 - 11 郑荣才, 尹世民, 彭军. 基准面旋回结构与叠加式样的沉积动力学分析 [J]. 沉积学报, 2000 18(3): 369-375[Zheng Rongcai Yin Shimin Peng Jun *Sedimentary dynamic analysis of sequence structure and stacking pattern of base level cycle* [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2000 18(3): 369-375]
 - 12 郑荣才, 彭军, 吴朝荣. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义 [J]. 沉积学报, 2001 19(2): 249-255[Zheng Rongcai Peng Jun Wu Chaorong *Grade division of base level cycles of terrigenous basin and its implications* [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2001 19(2): 249-255]
 - 13 赵俊青, 纪友亮, 张世奇, 等. 陆相高分辨率层序界面识别的地球化学方法 [J]. 沉积学报, 2004 22(1): 79-85[Zhao Junqing Ji Youliang Zhang Shiqi et al *Geochemical methods of boundary identification in terrigenous high-resolution sequence* [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 2004 22(1): 79-85]
 - 14 朱筱敏. 层序地层学 [M]. 山东东营: 石油大学出版社, 2000[Zhu Xiaomin *Sequence Stratigraphy* [M]. Dongying Shandong Petroleum University Press 2000]

Construction of Paleogene-Neogene Drilling and Seismic Matching Sequence Stratigraphic Framework in the Southwestern Qaidam Basin

ZHANG Dao-wei^{1,2,3} SHI Jian¹ LI Chuan-hao⁴ WU Guang-da³
DONG Wen-ju¹ Yang Qian-zheng³

(1. Key Laboratory of Gas Geochemistry Chinese Academy of Sciences Lanzhou 730000

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences Beijing 100049

3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development Qinghai Oil Field Dunhuang Gansu 736202

4. The Third Oil Plant of Changqing Oil Field Company Xi'an 717600)

Abstract Paleogene and Neogene in Southwest Qaidam Basin are the most important oil and gas exploration and development strata of the basin. Based on the detailed sequence stratigraphy study of 54 drilling and logging data, a first flooding surface and 6 maximum flooding surfaces were identified in Paleogene-Neogene Ganchaigou and Shizigou Formations, and these surfaces can be divided into 6 third-order sequences and 17 quasi-sequence groups. Sequence correlation was done in 10 well-to-well profiles. In corresponding to these well-to-well profiles, seismic profiles were sliced in 3D seismic data, and sequence boundaries were also identified in the seismic profiles. Then the identified sequences from well-to-well profiles were projected on seismic profiles through correlation and adjustment. High-resolution Paleogene-Neogene drilling and seismic matching sequence stratigraphic framework was constructed in south-west Qaidam Basin. This work may give insights to explore lithologic oil and gas reservoirs in this area.

Key words sequence stratigraphic framework Qaidam Basin Paleogene-Neogene drilling and seismic profiles