

昌图凹陷层序地层与油气储层预测

王洪亮 邓宏文

(中国地质大学能源系,北京 100083)

昌图凹陷九佛堂组—阜新组可划分出 3 个中期基准面旋回:MSC1, MSC2 和 MSC3。除 MSC1 旋回为一对称旋回外,其它两个旋回均只发育上升半旋回。经井-震对比,这 3 个中期旋回与地震剖面上划分出的 SA,SB 和 SC 有很好的对应关系。经分析, MSC1 中扇三角洲前缘沼泽化的煤层、浅湖相泥岩和 MSC3 中最大洪泛期暗色泥岩是最有利的烃源岩;各旋回中的扇三角洲前缘亚相和水下扇扇中亚相是较好的储集相带。今后的油气勘探中,应将 MSC3 上升半旋回的中上部和 MSC1 上升半旋回作为主要的勘探层系。

关键词 层序地层 基准面旋回 储层预测 昌图凹陷

第一作者简介 王洪亮 男 27 岁 讲师 石油地质

昌图凹陷是辽河外围铁岭盆地中最大的一个凹陷,位于盆地的中北部,属松辽南部隆起区的次级箕状断陷,呈 NNW 向展布。与辽河外围其它中生代盆地一样,昌图凹陷也经历了早期(义县期)裂陷阶段、中期(九佛堂—阜新期)断陷阶段和晚期(白垩纪)拗陷阶段。本次研究的主要目的层段为九佛堂组—阜新组。

1 层序地层划分

1.1 钻井层序地层划分

运用以基准面旋回为基础的层序地层学原理^[1,2],可将九佛堂组—阜新组划分为三个中期基准面旋回,自上而下命名为 MSC1, MSC2 和 MSC3 (图 1)。

MSC3 相当于九佛堂组,为一不对称旋回,上升半旋回发育,下降半旋回较不发育。上升与下降半旋回的转换位置为半深湖相暗色泥岩、炭质泥岩。基准面上升半旋回由一系列呈加积—退积样式的较短期旋回构成。下部地层以加积作用为主,反映沉降速度与补偿速度大体相当;后期边界断层活动加剧,盆地沉降作用加强,湖水扩张,上部地层呈退积叠加样式。

MSC2 相当于沙海组,底界面为大段碎屑流沉积的底界;顶界面为河道下切面。该旋回为不对称旋回,仅保存基准面上升半旋回,基准面下降半旋

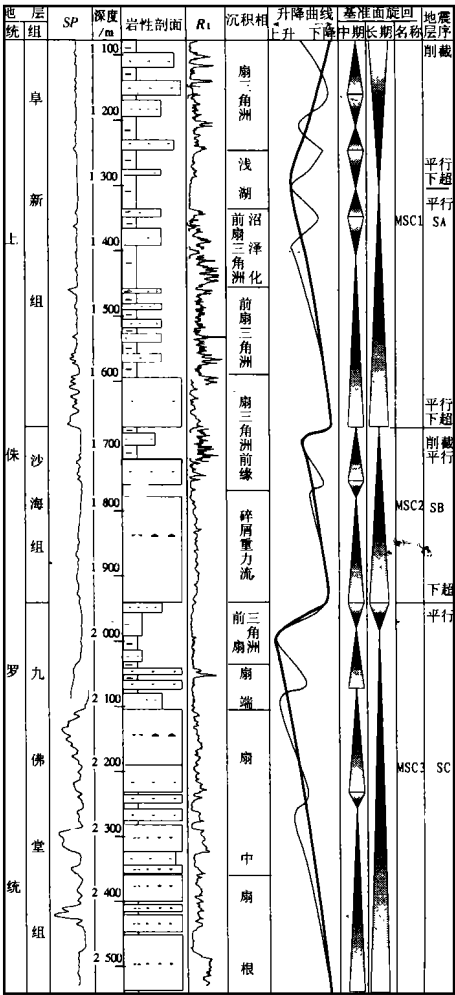


图 1 昌图凹陷昌参 2 井层序地层综合分析图

Fig. 1 Synthetic analysis of the sequence stratigraphy in Changcar-2 Well, Changtu Depression

回以顶部的河道下切面为代表。该长期旋回以加积-退积作用为主, 下部为一套碎屑重力流沉积, 上部为滨浅湖相的砂泥岩沉积。

MSC1 相当于阜新组, 底界面为河道下切面; 顶界面是阜新组与泉头组之间的区域不整合面。该旋回大致为一对称旋回, 基准面上升半旋回由一系列呈加积-退积样式的较短期旋回构成; 基准面

下降半旋回总体呈进积叠加样式; 基准面上升与下降半旋回的转换位置为浅湖相的大段暗色泥岩发育段。

1.2 地震层序划分

在 T₂ 与 T₅ 反射层之间可识别出三个地震层序, 自上而下命名为 S_A, S_B 和 S_C(图 2)。

S_C 为 T₅ 与 T₄ 所限定的地层。T₅ 表现为低角

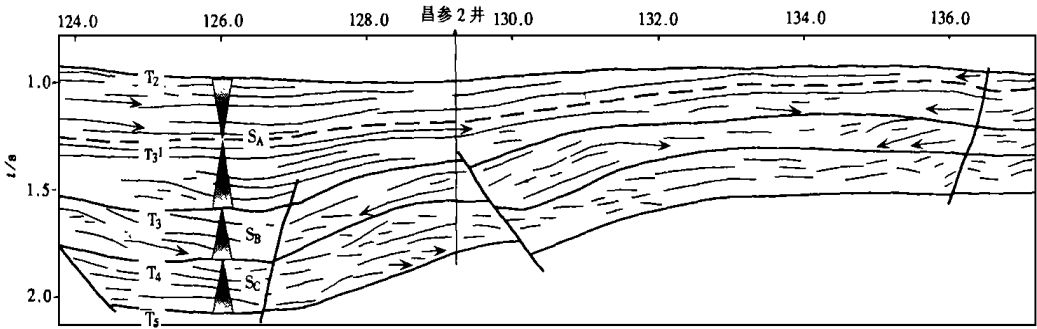


图 2 昌图凹陷地震解释剖面

Fig. 2 Seismic interpretation profile of Changtu Depression

度削截下伏地层。界面附近地层连续性较差, 向上连续性变好。界面下杂乱反射为主, 界面上见下超充填特征。层序顶界面 T₄ 见低角度削截。

S_B 为 T₄ 与 T₃ 所限定的地层单元。该层序底界面 T₄ 反射层上部见下超现象, 局部见双向下超; 顶界面 T₃ 反射层与下伏地层为低角度削截, 其上见下超现象。层序内部为中强振幅、较连续反射特征。

S_A 为 T₃ 与 T₂ 所限定的地层单元。层序底界面之下见低角度削截; 之上见下超及双向下超充填; 顶界面 T₂ 反射层为泉头组与九佛堂组之间的区域不整合面, 与下伏地层呈较明显的低角度削截。层序内部有一组强振幅、连续反射, 即 T₃¹ 反射, 经分析, 为该层序的最大洪泛面, 其上见下超反射。洪泛面上、下均以中弱振幅、连续反射为特征。

1.3 井-震对比

根据合成地震记录进行井-震标定后, 钻井中期旋回与地震层序有良好的对应关系。钻井中期旋回 MSC3 大致相当于地震层序 S_C, MSC2 大致相当于地震层序 S_B。由于这两个旋回仅发育基准面上升半旋回, 故这两个地震层序上也难以识别出最大洪泛面反射, 即密集段。MSC1 大致相当于地震层序 S_A, 层序底界反射 T₃ 为 MSC1 底部的河道下切面, 顶界反射 T₂ 为 MSC1 顶部与泉头组之间的不整合面, 中部的密集段反射 T₃¹ 相当于 MSC1 中部的最大洪泛泥岩段。MSC1 下降半旋回在地震

层序 S_A 中表现为密集段之上的明显的前积反射特征。

2 层序与沉积体系

本区发育如下沉积体系: 冲积扇沉积体系、扇三角洲-湖相沉积体系、水下扇-湖相沉积体系。在盆地的构造-沉积演化的不同阶段的层序具有不同的沉积体系特征。

2.1 MSC3

断裂活动导致了断陷初期凹陷四周陡峭的断崖, 从而形成了向心水系和深水湖泊, 为碎屑物质提供了理想的堆积场所, 使得大量碎屑物涌入湖泊, 形成了以水下扇为主、伴有冲积扇和扇三角洲的沉积模式。此时, 涌入断陷内的碎屑物来自凹陷四周, 在陡峭断崖下或陡坡带上形成了水下扇群, 在地势平坦的平原区形成了冲积扇体。凹陷南部岩性普遍较粗, 砂岩含量高, 向北逐渐减少, 这表明主要水系由南至北进入湖区。该旋回早、中期形成的砂体具有多期相互叠合的特点, 呈加积样式; 晚期湖盆水体扩张, 发育了一套较稳定的以半深水湖相暗色泥质岩为主的沉积, 为该旋回的最大洪泛期沉积。

2.2 MSC2

与 MSC3 旋回沉积特征基本一样, 物源来自凹陷四周, 南部比较粗, 物质补给充分; 北部相对较

细。此时断裂活动较前期弱,地层厚度小,除火山岩碎屑外,变质岩碎屑开始大量补给。中下部为一套厚层的砂砾混杂堆积的凝灰质角砾岩,代表规模较大的碎屑重力流堆积;上部断层活动减弱,发育一套扇三角洲前缘和浅湖相泥质岩沉积组合。

2.3 MSC1

该旋回为前期断陷基础上的进一步持续下沉,具体体现在由于凹陷的不断持续下沉,使得湖泊水域开阔,形成了较长流程水系。在早期物源补给充足条件下,碎屑物伸入湖泊形成了以扇三角洲为主伴有盆缘冲积扇和水下扇的沉积环境;中期出现了碎屑供应不足,造成扇三角洲前缘沼泽化的煤层与浅湖相的泥岩夹薄砂岩沉积,即该旋回的最大洪泛期沉积,这标志着该时期沉降已达高峰;此后,凹陷开始抬升,凹陷处于超补偿状态,开始了进积充填过程,形成了下降半旋回的扇三角洲沉积。此时凹陷南部仍整体偏粗,北部相对较细。

3 储层评价预测

3.1 有利生油层系

该凹陷具有两个明显的生烃带:第一带分布于阜新组中、下部,生成物为低成熟油和煤层气,生、排烃强度小;第二带分布于九佛堂组中上部,生成物主要为成熟油,生、排烃强度也较低,但明显高于第一个生烃带。因此,纵向上九佛堂组烃源岩是本区主力烃源岩。平面上,阜新组在南部的昌参1井暗色泥岩厚218 m,向北至昌参2井增厚到330.5 m,母质类型由以Ⅲ型腐殖型为主变为以Ⅱ_A、Ⅱ_B混合型为主;九佛堂组在昌参1井仅有23 m厚的暗色泥岩发育段,到昌参2井却增厚到145 m。由此不难看出,烃源岩北部优于南部,北部的太平洼陷可能是该区主要的油源区。

3.2 有利储集相带

据钻井资料和地震相、沉积相研究,凹陷具有多物源,近源补给,多沉积体发育的特征。储集岩成分成熟度和结构成熟度均低,成岩作用强烈,储层物性差。孔隙度多低于10%,渗透率小于 $1.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。储层类型从阜新组上段到九佛堂组,由中-高孔、中渗变为低孔低渗。储集岩类型以砂岩、砾岩较好,粉砂岩和凝灰质含量高的碎屑岩较差。储层物性较好的沉积相类型为扇三角洲前缘亚相和水下扇中相。

3.3 有利勘探层系

MSC3 上升半旋回下部(即九佛堂组下部):储层凝灰质含量高,成岩作用强烈,物性差,孔隙度平均为2.9%,最大为5.7%,渗透率平均为 $0.06 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最大为 $0.11 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,不是有利的勘探层系。

MSC3 上升半旋回中、上部(九佛堂组中上部):储层为砂砾岩,孔隙度平均为7.2%,最大的为10.6%,渗透率平均为 $0.08 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最大的为 $0.15 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属中孔低渗储层;上部旋回转换位置既是好的生油层,又是好的盖层,易于形成自生自储或上生下储式组合。因此,该层段为本区最有利的找油层系。

MSC2 旋回(沙海组):中下部为厚层的凝灰质角砾岩碎屑重力流沉积,物性差,不能作为主要的储层。中上部的砂砾岩储层孔隙度为6.2%,最大为17.5%,渗透率小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属中孔、低渗储层。该层生油层、盖层条件不理想,如有下部油源供给,也可能形成油藏,但不能作为主要的勘探层系。

MSC1 上升半旋回(相当于阜新组下段):为扇三角洲前缘的砂砾岩储层,孔隙度平均为9.3%,最大为26.6%,渗透率平均为 $1.35 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最大为 $17.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属中-高孔、中-低渗储层。层段中上部可生成低成熟油和煤层气,如有通道,又可接受下部九佛堂组的油源。上升与下降转换位置的泥岩可作为良好的区域性盖层。因此,该层段是本区的重要勘探层系,尤其是低成熟油与煤层气勘探。可形成自生自储、下生上储式油气藏。

MSC1 下降半旋回(相当于阜新组上段):为扇三角洲前缘砂砾岩储层,孔隙度平均为18.9%,为本区最好的储集层段;但油源条件不好,盖层条件差,不能作为主要勘探层系。

综上所述,本区成熟油勘探有利层段是MSC3 上升半旋回中上部(即九佛堂组中上部)的扇中砂砾岩,低成熟油和煤层气有利勘探层段是MSC1 上升半旋回(大致相当于阜新组下段)。

3.4 有利勘探区带

该凹陷的勘探应围绕主要生油洼陷,即太平洼陷及其内部来进行,环洼陷的水下扇中、扇三角洲前缘应是勘探的有利区带。结合圈闭条件,太平山背斜、国家半背斜、新立背斜、付南断背斜都是勘探的有利地区。

参 考 文 献

- 1 邓宏文. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 90~ 97
- 2 邓宏文, 王洪亮, 李熙喆. 层序地层地层基准面的识别、对比技术及应用. 石油与天然气地质, 1996, 17(3): 177~ 184

SEQUENCE STRATIGRAPHY AND RESERVOIR PREDICTION
OF CHANGTU DEPRESSION

Wang Hongliang Deng Hongwen
(Department of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing)

Abstract

The Jiufutang-Fuxin Formations could be divided into MSC1, MSC2 and MSC3 medium-term base-level cycles, among them MSC2 and MSC3 are elevated semi-cycles. These three cycles correspond well to S_A, S_B and S_C recorded in seismic sections. According to well drilling and seismic data, the marsh coal bed in fan-delta front and shallow lake mudstone of MSC1 and the flood dark mudstone of MSC3 are most favourable source rocks; fan-delta front subfacies and subaqueous medium fan subfacies of every cycle are good reservoir facies. It is suggested that the middle and upper parts of MSC3 and MSC1 elevated semi-cycles should be taken as the main exploration sequences.

Key words: sequence stratigraphy base-level cycle reservoir prediction Changtu Depression

(上接第 154 页)

RESERVOIR CHARACTERIZATION TECHNIQUE WITH
MULTI-WELL LOG USED IN BAMIANHE OILFIELD

Ma Xiaochang
(Qinghe Oil Recovery Factory, Shengli Oilfields, CNPC, Shouguang, Shandong)

Cui Yong Zhao Chenglin
(Petroleum University, Beijing)

Abstract

Multi-well log reservoir characterization technique is a new technique which combines reservoir geology with well log. The technique is characterized by plenty of information and complete characterization of the reservoir's 3-D geological property. On the basis of the reservoir interpretation model which was established by log data standardization of different well types and core analysis in GB8-X2 block reservoir of Bamianhe Oilfield, the plane variation characters of lithology and petrophysics were studied and high resolution structural map was made, and then low-resistivity pays was identified. According to these, the dynamic prediction of reservoir flow was made by subdividing reservoir units and residual oil enrichment could be found. This technique is used to search for residual oil enrichment zones, the result is successful. The totalized newly-proved reserves are 248×10^4 t and available reserves are 51×10^4 t.

Key words: log reservoir characterization low-resistivity pay residual oil application