

多井测井储层表征技术在八面河油田中的应用

马晓昌

(胜利石油管理局清河采油厂, 山东寿光 262714)

崔 勇 赵澄林

(石油大学地球科学系, 北京 102200)

多井测井储层表征技术是将储层地质学与测井技术相结合的一门新兴技术,具有多信息、完整表征储层三维地质特征的优点。通过对八面河油田 GB8-X2 断块油藏不同井别测井资料的标准 化,依据取芯井资料建立了储层测井解释模型。在此基础上,研究储层岩性、物性的平面变化特征,并编制高精度的构造图,进而识别出低阻油层。以此为指导,可以在细分储层单元的基础上对储层流体进行动态预测,达到寻找剩余油的目的。应用此项技术在济阳坳陷东营凹陷八面河油田识别低阻油层、寻找剩余油富集区取得了成功,累计新增探明储量 $248 \times 10^4 \text{ t}$,增加可采储量 $50 \times 10^4 \text{ t}$ 。

关键词 测井 储层表征 低阻油层 剩余油 应用

第一作者简介 马晓昌 男 29 岁 工程师 油藏描述

多井测井储层表征技术是将储层地质学与测井技术相结合的一门技术,相对于单井测井相分析技术,具有多信息、完整表征储集体三维模型及其特征的特点。储层表征技术的基本内容包括: (1) 多井的测井资料标准化; (2) 利用取芯井资料研究储层岩性、物性、含油性 与电性之间的关系,建立测井解释模型; (3) 建立砂岩体的骨架模型; (4) 在砂岩体骨架模型的基础上,表征岩相、物性在三维空间的变化,夹层的空间分布规模及其微构造模型; (5) 在以上研究基础上,对油藏流体进行动态预测^[1,2]。

1 识别低电阻率油层

八面河油田 GB8-X2 块断油藏(图 1) 目前已有 10 口井投入开发,该断块沙河街组三段和四段均有油层分布。在针对沙河街组四段进行油藏描述时,发现 1 号层油砂体在油藏高部位解释为水层,油藏低部位却解释为油层。结合八面河地区的具体地质情况,即储层砂体沉积相类型为湖相滩坝砂,储层岩相及物性横向变化较大,加之地层水矿化度高达 $96\,000 \text{ mg/l}$,具备了形成低电阻油层的地质基础^[2],因此推断油藏高部位为低电阻油层而非水层。

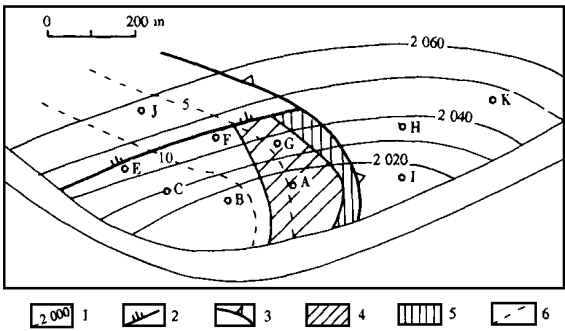


图 1 GB8-X2 块 1 号层油藏顶高精度构造图

Fig. 1 Structural map of height accuracy showing the pooltop of No. 1 oil horizon in GB8-X2 block

1—构造等高线; 2—油水界面; 3—砂岩尖灭线;
4—预测低阻油层分布区; 5—干带; 6—砂岩等厚线

1.1 多井测井储层表征

进行多井测井储层表征,首先必须对不同井别的测井资料进行标准化,消除测井环境影响,使井与井之间的测井响应值具有可比性。然后根据取芯井资料建立岩性、电性、物性与含油性之间的关系,建立测井解释模型。本次研究的重点是建立孔隙度、粒度中值及泥质含量的解释模型,其关系式分别为

$$\Phi = \frac{AC - AC_s}{AC_f - AC_s} - \frac{V_{sh}(AC_{sh} - AC_s)}{AC_f - AC_s} \quad (1)$$

式中 Φ 为孔隙度,取小数; AC 为目的层声波时差; AC_f 为地层流体声波时差; V_{sh} 为泥质含量,取

小数; AC_s 为骨架声波时差; AC_{sh} 为纯泥岩声波时差。

$$-\ln Md = 3.029 - 4.231 \Phi + 2.971 V_{sh} \quad (2)$$

式中 Md 为粒度中值, 单位为 mm;

$$\log_2 V_{sh} = 5.825 - 0.10705 \Delta SP \quad (3)$$

$$R = 0.91 \quad n = 57$$

式中 ΔSP 为自然电位异常幅度; R 为相关系数; n 为统计样本数。

本文将测井技术与储层地质学相结合, 对储层岩相参数(粒度中值、泥质含量)和物性参数(孔隙度)进行了表征。

1.1.1 储层骨架模型

研究区目的层段的沉积相类型为湖泊相, 在沙河街组四段沉积期间, 一度水体咸化沉积了厚度约 30 cm 的白云岩, 分布稳定、电性特征明显, 是本区的标志层(图 2), 因此研究区具备了建立高精度储层骨架模型的基本地质条件。

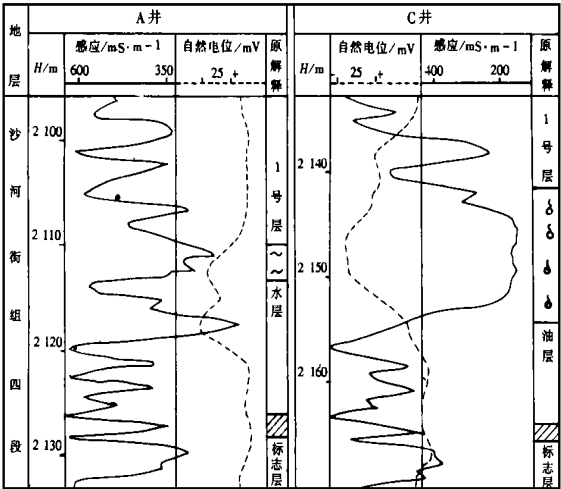


图 2 A、C 井测井曲线特征

Fig.2 Characteristics of log curves in A and C Wells

1 号层骨架模型为滩坝相砂体, A 与 I 井(构造高部位), J 与 F 井(构造低部位)均呈变薄尖灭趋势, 并且其中有夹层存在。西部砂岩发育, 砂体加厚, 夹层消失。砂体几何形态为底平顶凸、呈近东西向展布的坝型砂岩体(图 1)。

1.1.2 储层岩性、物性参数特征

由于 B、C、E 井与 A、G 井之间的储层表征参数值分别相近, 所以在这里重点讨论 A 井和 C 井的测井响应特征。

图 2 是经过标准化以后的测井曲线, 可以定性地对岩相分析, C 井自然电位曲线的异常幅度比 $SP_{目的层}/SP_{max}$ 高于 A 井, 表明 C 井岩性偏粗。

利用上述模型解释的结果为: C 井 1 号层粒度中值(Md)为 0.21 mm, 泥质含量为 8.7%; A 井粒度中值为 0.09 mm, 泥质含量为 17.9%。

A、C 两井 1 号层声波测井响应值分别为 370 $\mu s/m$ 和 500 $\mu s/m$ 。显然, C 井 1 号层储层孔隙度要高于 A 井。

综上所述, A、C 两井 1 号层岩相变化明显, C 井 1 号层粒度偏粗, 孔隙度较高, A 井 1 号层粒度偏细, 孔隙度低, 但仍然属于渗透性储层。

1.2 编制高精度综合构造图

为了预测油藏流体的分布特征与动态, 须对油藏进行精细构造描述。具体方法是对地震和钻井资料进行标准化处理, 以储层顶部深度为对象, 编制钻井构造图, 然后结合地震资料进行综合成图。图 1 是以钻井资料为主, 结合地震资料所编制的综合构造图。所建立的构造模型揭示的油藏特征为: C 井位于油藏低部位而 A 井位于油藏高部位。

1.3 多井测井解释识别低阻油层

A 井 1 号层声波测井响应值为 370 $\mu s/m$, 感应电导率为 290 mS/m, 按常规解释图版解释为水层。C 井 1 号层则具有典型的油层特征, 试油日产油 77.1 t, 不含水。

高精度储层模型研究表明, A、C 两井的 1 号层属于同一油砂体, 微构造模型分析表明, A 井较 C 井至少高出 15 m。综合分析储层变化特征, 推断 A 井 1 号层也应为油层, 可能属于低含油饱和度的低电阻油层。G 井与 A 井相似, 同属于低电阻油层。所预测的低电阻油层的分布范围见图 1。

1.4 应用效果

为了证实上述设想, 决定对 A 井的 1 号层进行试油, 结果日产油 13.8 t, 不含水。到目前为止, 已累计发现类似低电阻油层井 18 口。新增探明储量 150×10^4 t, 新增可采储量 37×10^4 t, 取得了十分可观的经济效益。

2 寻找剩余油富集区

在油田开发过程中, 往往以油砂体为单元进行油田开发生产, 而忽视夹层对油藏流体动态变化的影响。如图 3 所示, M 井生产层段位于夹层之上, 经过一段时间开采之后, 由于边水推进而出现水淹, 夹层之上储层单元油水边界向上推进, 而位于夹层之下的储层单元则由于夹层的影响成为剩余油富集区。

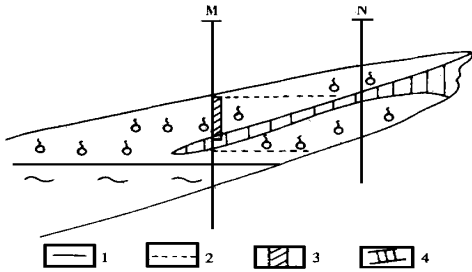


图 3 夹层的存在与剩余油分布的关系

Fig. 3 Relationship between interbed and residual oil distribution
1—原始油水边界; 2—剩余油水边界; 3—生产层段; 4—夹层

因此,对夹层分布规模进行表征是寻找剩余油富集区的有效途径之一。我们在油田老区挖潜过程中,采用上述思路,利用储层表征技术寻找剩余油富集区取得了良好的效果。

2 1 细分油砂体内储层单元

如上所述,储层单元是比油砂体更小的储集单元,是由夹层将油砂体分隔出的互不连通的储集体。细分储集层单元的基本步骤是:(1)采用多井测井资料表征储层骨架模型;(2)研究夹层类型及其分布规模,将分布稳定、对油藏流体起明显分隔作用的夹层作为划分储层单元的依据。例如某沙河街组四段砂岩体目前已有 5 口井投入开发,其中 J12-X34、J12-X36 和 J12-X28 井位于油藏高部位。多井测井储层所建立的骨架模型为滩坝相砂体,其中发育两套夹层。夹层特征表征为:夹层类型为泥质夹层,厚度介于 0.4~1.0 m 之间,分布稳定。两套夹层将油砂体分割成 2_2^1 、 2_2^2 和 2_2^3 三个储层单元(图 4)。

2 2 微构造模型

即对所描述的夹层进行微构造描述,描述结果如图 4 所示:J12-X34 较 J12-X36 高,其南部为反向断层所封堵。

2 3 流体动态模型预测

细分储层单元并建立微构造模型是对储层单元内部流体动态模型进行预测的基础^[3]。根据多井测井资料分析,J12-X36 井储层单元 2_2^3 层为油水同层;处在构造高部位的 J12-X34 井储层单元 2_2^3 则应为油层(原解释为水层)。J12-X36 井正在进行生产的层位为储层单元 2_2^1 和 2_2^2 (图 4)。根据上

述分析,储层单元 2_2^3 则应是剩余油富集层位。

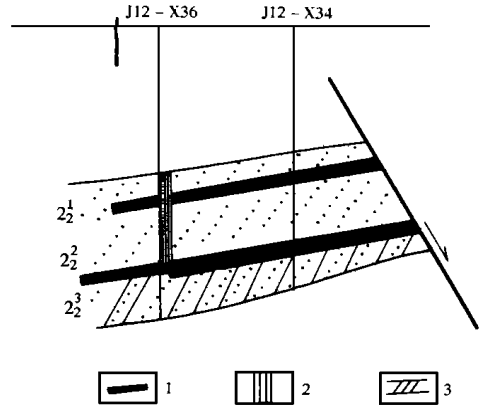


图 4 储层单元中的剩余油分布

Fig. 4 Distribution of residual oil in reservoir units
1—夹层; 2—生产层段; 3—剩余油富集区

2 4 应用效果

对 J12-X34 井的 2_2^3 层进行调层补孔,日产油 10.7 t,累计产油超过 0.1×10^4 t。按此方法新增探明储量 98×10^4 t,增加可采储量 23×10^4 t。

3 结论与建议

(1)多井测井储层表征技术在油田开发中的应用效果显著,特别是在油田开发的中后期,对于识别特殊油层(如低阻油层)、寻找剩余油富集区是十分有效的方法。

(2)我国东部油田大都进入含水期或中高含水期的开发,应用多井储层表征技术进行老区挖潜,其前景将是广阔的。

参 考 文 献

- 1 曾文冲. 油气藏储层测井评价技术. 北京:石油工业出版社, 1991. 92~147
- 2 Fertl W H. 低电阻率砂岩油气储集层. 张建国译. 测井译丛, 1987, (4): 28~36
- 3 Fertl W H. Log-derived evaluation of shaly elastic reservoirs. IPT, 1987, 39(2): 175~194
- 4 Clark J D, Pickering K T. Architecture elements and growth patterns of submarine channels: application to hydrocarbon exploration. AAPG Bull, 1996, 80(2): 194~211

(下转第 163 页)

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