

文章编号:0253-2697(2002)01-0045-06

火成岩遮挡油藏特征及滚动勘探开发实践

荣启宏 宋建勇 蒲玉国

(胜利油田有限公司纯梁采油厂 山东博兴 256504)

摘要:火成岩在东部第三系地层中较为发育,对应的火成岩油藏具有“小而肥”的特征,已成为目前老区滚动勘探与开发挖潜的一种重要类型,尤其是火成岩遮挡类型油藏,但由于其空间分布与成藏特征的复杂性决定了经济高效的滚动勘探开发技术是其成功的关键。以火成岩遮挡油藏模型及其对应的地震 T_0 模型与地震解释模型的建立为基础,研究总结了火成岩遮挡类油藏的典型特征。在此研究的基础上,应用于高 81 块火成岩遮挡油藏的勘探与开发,取得了初期的勘探、1998 年的滚动开发、2000 年的油藏精细描述有突破,实现了该块原油生产能力的提高。高 81 块的勘探与开发程序及研究方法对东部老区、尤其是“小而肥”的火成岩遮挡类型油藏的进一步提高滚动勘探开发水平具有现实的参考作用。

关键词:火成岩遮挡油藏;滚动勘探开发;三维地震;油藏描述;剩余油

中图分类号:TE349

文献标识码:A

渤海湾盆地自始新世以来,经历了由断陷到坳陷的发展过程,伴随着盆地的形成与演化,第三纪岩浆异常活动,发育了许多第三系的火成岩岩体^[1]。济阳凹陷勘探发现的第三系火成岩可分为侵入岩、喷出岩及火山碎屑岩三大基本类型。其岩性的地震识别特征表现为:侵入岩为穿层强反射;喷出岩为丘状与穹隆状强反射;火山碎屑岩为与反射界面平行的连续性良好的强反射。其相带划分:侵入岩体由边缘向中心划分为蚀变亚相、边缘亚相、过渡亚相、中心亚相。喷出岩分为水上溢流亚相与水下溢流亚相;火山碎屑岩分为火山角砾岩亚相与沉积火山角砾岩亚相^[2]。

火成岩油藏按其圈闭的特征,即火成岩对圈闭三要素——盖层、遮挡与储集构成形式的不同,一般可分为火成岩起遮挡作用的火成岩遮挡油藏、火成岩起遮挡与盖层作用的火成岩遮盖油藏及圈闭三要素均为火成岩作用的火成岩油藏等三种基本类型,一般以前两种类型多见,并统称为火成岩遮挡类油藏,是火成岩类油藏研究与实践并效益较好的类型;后一种类型即为所谓的火成岩裂缝油藏,其一般见油基本为钻探中的意外发现,由于裂缝分布范围小并裂缝预测难度大,故一般效益差,研究程度更低。

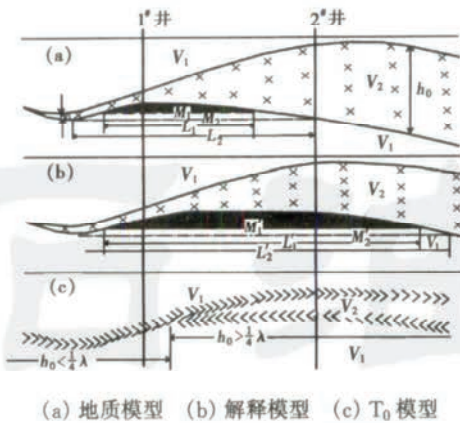
勘探开发实践表明,火成岩在东部第三系地层中较为发育,对应的火成岩油藏具有“小而肥”的特征,已成为目前老区滚动勘探与开发挖潜的一种重要类型,尤其是火成岩遮挡类型油藏,但由于其空间分布与成藏特征的复杂性,决定了经济高效的滚动勘探开发技术是其成功的关键。该文以火成岩遮挡油藏的基本模型及其对应的地震 T_0 模型与地震解释模型的建立为基础,研究总结了火成岩遮挡类油藏的典型特征;在此研究的基础上,应用于东营凹陷高 81 块火成岩遮挡油藏的勘探与滚动勘探开发上,取得了显著的增储上产效果。

1 火成岩遮挡油藏特征研究

1.1 火成岩遮挡油藏模型的建立

(1) 火成岩遮挡油藏模型的建立 产状与厚度多变的假设地质模型见图 1(a),其上下为速度为 V_1 的围岩,火成岩速度为 V_2 ,火成岩厚度为 h_0 ,油水界面为 M_1 ,剖面宽度为 L_1 ,其圈闭溢出点的底界面为 M_2 ,溢出点底界的剖面宽度为 L_2 ,1 号井钻遇该油藏而获工业油流,2 号井偏离该油藏含油范围而无工业油流。

(2) 地震解释模型的建立 据实际资料,济阳凹陷钻探发现的第三系浅层侵入岩(辉绿岩)体的围岩速度



(a) 地质模型 (b) 解释模型 (c) T₀模型

图1 火成岩遮挡油藏模型图

Fig.1 Screened reservoir mode of igneous rock

V_1 一般为火成岩速度 V_2 的 65%~75%，取 $V_1 = 70\% V_2$ 。由此，以上假设的火成岩油藏地质模型对应的地震解释模型见图 1 (b)，火成岩顶界面深度与图 1(a)一致，火成岩底界面深度由于 V_1 与 V_2 的差异而与图 1(a)不一致，进而油藏的高度与范围等特征与实际模型有显著差异(因为实际地震解释中的速度参数一般以区域沉积岩体的有关速度为依据)。

(3) 地震 T_0 模型的建立 即该火成岩遮挡油藏地质模型在一般地震剖面、即 T_0 剖面上同相轴的特征模型，由于该类油藏的火成岩一般为致密的高速体，因此，其火成岩顶界面的波阻抗系数为正，底界面的波阻抗系数为负，一般对应为正极性地震剖面，即顶界面对应反射波波峰、在变面积地震剖面上呈高连续强震幅的单棒状反射，底界面对应反射波波谷、在变面积地震剖面上呈高连续强震幅的双轴反射，但底界面由于顶界面的能量屏蔽等作用反射特征不明显，因此，一般表现为顶界面的棒状反射特征(如图 2)；同时，由于地震分辨率的影响，一般以 $\lambda/4$ 为分辨的最小厚度，由此，建立的对应地震 T_0 模型见图 1(c)。

1.2 火成岩遮挡油藏特征研究

1.2.1 勘探与滚动勘探开发

(1) 勘探阶段 勘探实际圈闭的高点区总是勘探阶段所遵循的最基本的原则，据以上模型研究表明，对于火成岩遮挡油藏，勘探阶段总是通过地震 T_0 剖面及与其解释的构造图而部署探井，如图 1 中的 2 号井，尽管符合勘探原则，但只能钻遇到实际油藏的含油边界以外而无工业油流。由此表明对于该类油藏，早期的探井无工业油流并不意味着勘探区无工业油流，实际油藏可能就位于其解释圈闭内火成岩厚度较薄的范围内。即对该类油藏的早期探井应部署在地震解释圈闭内火成岩厚度较薄的范围内为最优方案，同时表明按地震 T_0 剖面与其解释的构造而部署的探井无工业油气流(或无油气显示)区仍有继续勘探的价值与潜力。

(2) 滚动勘探阶段 最大限度的对有限的钻井等资料进行最大限度的利用，达到对油藏边界范围与油藏特征等进行最大限度的描述而挖潜是该阶段的重点。据以上地震 T_0 剖面与地震解释的构造等模型方面的特征及其与实际地质情况的显著差异表明，滚动勘探阶段必须充分研究与利用这种特征与差异，才能最大限度地避免空井的发生。如 1995 年高 39 块火成岩遮挡小油藏的滚动开发中，由于未能充分利用已有钻井等资料对其含油圈闭范围等进行预测与描述(当时该类油藏滚动开发在纯梁地区处于起步阶段)，结果高 39-13 井虽钻遇到了目的层砂体，并比已有出油层段井深度浅，结果试油为水层，后分析研究表明该井目的层砂体位于该油藏含油圈闭范围以外所致^[3]。

(3) 精细油藏描述阶段 最大限度地提高油藏产能而部署必要的滚动井与完善井、提高产能与采收率是该阶段的直接与根本任务，由此必须对分组含油圈闭范围、构造等进行精细描述与在此基础上的油藏剩余油分

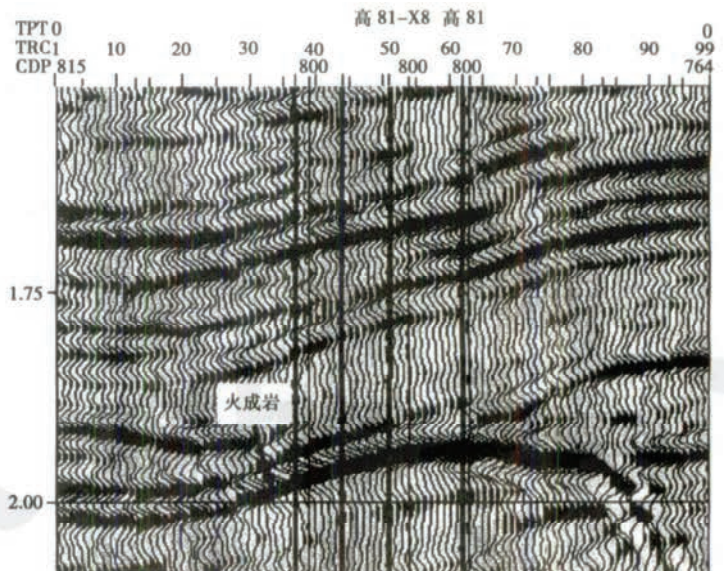


图2 高 81 块火成岩典型剖面

Fig.2 Igneous rock typical section of Gao 81 block

布的精细描述是问题的关键。据以上模型分析表明火成岩的厚度变化等引起的同相轴上拉而形成的一些局部“假高点”、“假背斜”等,俗称“眼球效应”是该类特种油气藏具有“小而复杂”等特征的直接原因,实践表明也只有以上两阶段后(主要为具备一定数量的钻井资料),才能达到并有必要对其油藏进行精细描述,同时为优化钻井设计提供正确依据。如高 81 块由于东南部火成岩较厚,向西北减薄尖灭,“眼球效应”特征明显(见图 2),高 81-X8 井在 T_0 剖面上明显比高 81 井低 5~10m,而实际钻探结果为高 81-X8 井火成岩底(较直)比高 81 井高 8m,显然,对含油高度近 20m 的高 81 块油藏的特征研究与井位设计等有显著的影响。由此在设计该区水平井中(高 81-P2)充分考虑了该“局部构造假高”的影响,为该块水平井水平轨迹的优化设计起到了重要作用。

1.2.2 火成岩体内捕虏体

火成岩岩体中的捕虏体一般为岩浆上侵过程中捕获的围岩岩块,在遮挡类火成岩油藏中一般多见沉积岩块,并多期火成岩体中也有先期的火成岩块^[4],并具有一定程度的变质特征,主要分布于火成岩较厚的如距源口区较近的部位等,正确认识与预测火成岩捕虏体,对实际勘探开发与钻井等有重要意义。

捕虏体一般电性显示如声波等具较好的渗储性,若捕虏体为砂岩,则可与起遮盖的火成岩形成圈闭,该圈闭若与下部火成岩遮挡油藏连通或本身能运聚油气,则可形成含油圈闭,即遮盖型火成岩油藏。若被起遮盖作用的火成岩包裹,则形成空圈闭。若捕虏体为泥岩,尤其是含灰质较高与硅质较高的泥岩,因动力与热变质等作用同样与砂岩一样具有渗储特性^[1]。显然,目前尚无有效办法对其含油性进行预测,一般应该对其电测显示有利的井段进行试油。

如高 81 块在东南较厚的高 81 与高 81-1 两井区附近,据两井声波测井等资料显示,深度 2410m 以下发育有 10~20m 的捕虏体,并具有良好的储渗性,若与下部火成岩遮挡油藏(直井初期自喷日产油 30~40t)连通,则应获高产与稳产工业油流,但高 81 井试油后为干层,表明该捕虏体与下部火成岩油藏不连通。同时,在滚动勘探开发阶段的钻井中充分认识并预测到捕虏体可避免不必要的物力财力等的支出;如高 81-P1 井在钻遇的火成岩体中,录井捞砂提前发现了砂岩,比预计火成岩底砂岩深度提前了 15m,经分析研究后认为捕虏体影响,要求继续钻进,结果钻到了真正的目的层,从而避免了不必要的中间电测及起下钻具等支出(水平井钻遇到预计的目的层,即第一靶点后必须起钻进行中间电测,以便进一步准确控制水平段轨迹)。

1.2.3 围岩的产状特征

由于火成岩的侵入对围岩挤压等,一般围岩产状均会发生变化,尤其是呈低角度的穿层火成岩附近的围岩,其火成岩上部地层产状尤为突出。因此,火成岩上下地层产状(倾角等)差异大,在该类“小而肥”的火成岩遮挡油藏的描述中,必须以火成岩下部的钻井等资料确定遮挡油藏的构造形态等。

综上,一是该类油藏的早期探井应部署在地震解释圈闭内火成岩厚度较薄的范围内为最优方案,同时表明按地震 T_0 剖面与其解释的构造图而部署的探井无工业油气流区仍有继续勘探的价值与潜力;二是该类油藏的特征决定了其高效的勘探与开发必须经过勘探、滚动勘探、精细油藏描述三个必要阶段;三是正确认识与预测火成岩捕虏体,对实际勘探开发与钻井等有重要意义。

2 高 81 块火成岩遮挡油藏勘探开发实践与效果分析

高 81 块位于正理庄油田北部,1995 年发现,含油层位 E_{s2} 下(正理庄砂岩体上部、该砂体厚 200m 左右),已探明上报含油面积 1.0km²,地质储量 49 万 t;油藏类型为火成岩(致密辉绿岩,厚 50~100m 左右)遮挡的边底水层状油藏,地层西北倾斜,倾角 9°左右;据高 81 井资料,储层岩性为灰色粉细砂岩、油层厚度 7~10m、孔隙度 18.3%、渗透率 $39 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;原油地面物性:密度 0.8345g/cm³、粘度 3.7mPa·s、凝固点 32℃、含硫 0.08%;地下粘度 0.5mPa·s、体积系数 1.196、气油比 95.8;油层中部深度 2435m 左右,原始地层压力 24.1MPa、系数 0.989,地层水矿化度 54674mg/L、水型 CaCl₂;油井初期产能较高,自喷 30t/d 左右;1995 年与 1998 年先后共建产能 $2.0 \times 10^4 \text{t/a}$;2000 年 4 月投产油井 6 口,开井 5 口,日产油能力为 49.6t,日产液能力为 86.2t,综合含水 57.5%,累计产油 76219t,累计产水 44143t;自 1994 年以来,经历了初期勘探发现、滚动勘探开发、精细油藏描述三个阶段,取得了原油生产能力一步一个台阶的显然效果。

2.1 初期勘探发现阶段

1994年该区三维地震资料处理后,在 T_2 与 T_3 反射层段附近发现了一强振幅高连续的同相轴,经区域地质资料分析,认为浅层辉绿岩侵入体,其侵入产状有顺层、穿层等,并局部有背斜特征,经人机联作,对该火成岩反射同相轴进行追踪,由此在该火成岩体西南部发现了一局部背斜构造,见图2与图3,地层向东南抬升,与火成岩相交,应该形成圈闭,由此,西北部选定对位于火成岩下部背斜构造附近一明显地层反射轴进行追踪(一般应为砂泥界面)、东北部以火成岩强反射轴进行追踪,由此,确定出一以火成岩遮挡为主控因素的一鼻状圈闭;1995年钻探高81井,射开火成岩下部6.7m(1层),初期自喷,获日产油30t并不含水的效果;同年在该圈闭东北方向又钻探了高81-1井,射开火成岩下部4.6m(1层),初期自喷,获日产油30t并不含水的效果。由此,开创了该区油藏勘探的新领域;同时认为向东南部仍可部署高81-斜2井钻探下部各层与火成岩形成的脊状高点,结果目的层为水层,分析为钻到了该油藏油水边界以外。

该阶段主要成果是发现了高81块火成岩遮挡油藏,产量较高,油质轻,呈浅绿状,获新增日产油能力50t、年生产能力1.5万t的显著效果;上报探明含油面积 0.3km^2 ,地质储量23万t,见图3(a)。

2.2 滚动勘探开发阶段

两井经近3年的试采,至1997年底,日产油分别为13.3t、12.2t,综合含水分别为77.7%、54.6%,累计采油分别为12676t、19066t,但原含油面积范围小,仅 0.3km^2 ,仍有年产油1万t的生产能力,采油速度达4.3%,表明该块油藏动静态特征不一致,需要对其静态特征进行再认识与评价。

据两井出油层位附近储层特征表明,该套储层为厚达200m左右的正理庄砂体,向西北倾斜,火成岩穿插其中,并砂体上部灰、泥等隔层明显,因此,高81与高81-1

井钻遇的位于火成岩体上部的砂体应分布于该圈闭内的西北部位,同时,据火成岩底部构造图反映向西北为该小背斜的高点区,并向西北部位该火成岩厚度减薄,据以上模型研究结果,该部位应为该油藏实际小穹隆的高点区,故向西北部滚动勘探应是最有利的目标区,西北部以 E_{s2} 下顶泥岩作盖层,其他方位与顶侧为火成岩小背斜遮挡,从而形成圈闭。

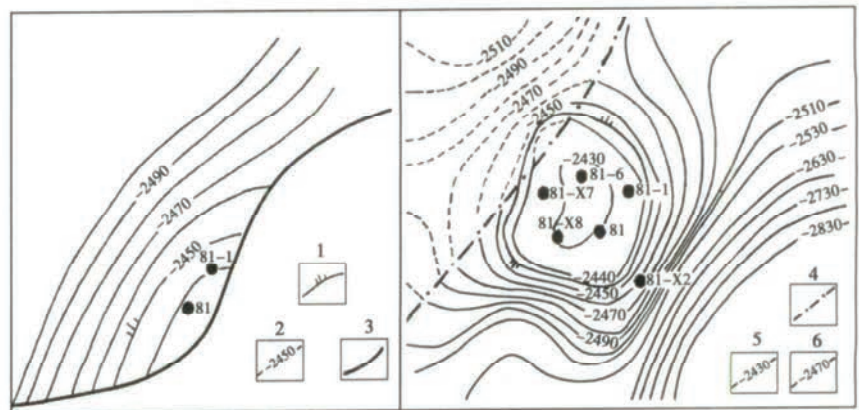
1998年钻探了高81-X8,射开火成岩下部7.9m油层,初期自喷,获日产油30~40t,并不含水;高81-X7与高81-6井分别获日产油13t与15t;由此该块滚动勘探获得成功,新增石油地质储量26万t,获新增日产油能力50t、年生产能力1.5万t的显著效果,见图3(b)。

2.3 精细油藏描述阶段

2.3.1 精细油藏描述

(1) E_{s2} 下含油层段砂层组划分 该块 E_{s2} 下含油砂体为厚200m左右的正理庄砂体的上部,以前未对该砂体含油部分进行砂层组的划分;据该砂体上部沉积旋回特征,将该块 E_{s2} 下砂体上部划分为三个砂层组;具体以沉积旋回特征最为显著的高81-X2井为基准(该井三个砂层组位于火成岩上部,其电性特征显著,火成岩侵入基本未影响该井井段地层的电性特征)。

(2) 火成岩下部各油砂组圈闭的精细确定 在三维地震工作站上人机联作,在确定出火成岩底部构造图的基础上,通过钻井资料并去除补心与井斜等的影响,进一步落实出火成岩底部的精细等深图,同时,作出各砂



(a) 勘探阶段 (b) 滚动勘探开发阶段
1—油水界面; 2—构造线; 3—火成岩遮挡边界; 4—火底与储层顶交线;
5—泥岩等深线; 6—火底构造线

图3 勘探与滚动勘探开发阶段构造井位图

Fig.3 Structural map in discovery and extended development stage

组顶精细等深图,进而通过将火成岩底部等深图与 E_{S_2} 下各砂组顶等深图进行交绘作图的方法,由此精细确定出火成岩下部 E_{S_2} 下各含油砂组圈闭的正确范围^[3],其有关各圈闭的特征与控制因素见图4和图5。

(3) 油砂组原始含油分布与评价 通过以上交绘作图的方法,在准确划分出 E_{S_2} 下各组圈闭范围的基础上,结合电测与试油等资料,对三个油砂组原始含油分布范围进行再评价,结果表明原统一油水界面应上提,并各组界面不一,原统一油水界面的块状油藏应为层状油藏,原始含油面积 0.5km^2 ,储量为50万t(见图4和图5);具体为Ⅲ砂组原始油水界面为2444m(据高81井及高81-1井),原始含油面积 0.22km^2 、厚度8m、单储 $8.8\text{万 t/km}^2\cdot\text{m}$ 、储量15.5t;Ⅱ砂组原始油水界面为2445m(据高81-X8井),含油面积 0.3km^2 、厚度8.5m、单储 $8.8\text{万 t/km}^2\cdot\text{m}$ 、储量22.4万t;Ⅰ砂组原始油水界面为2439m(据高81-X6井),含油面积 0.2km^2 、单储 $8.8\text{万 t/km}^2\cdot\text{m}$ 、厚度7m、储量12.3万t。

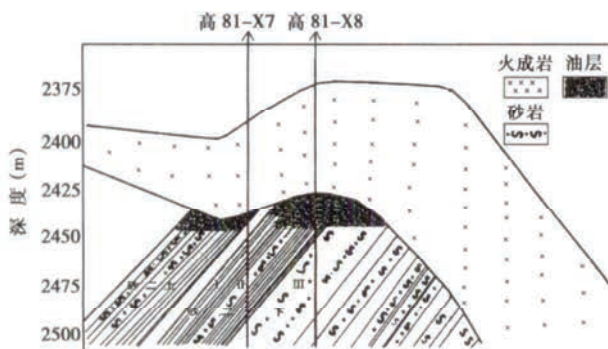
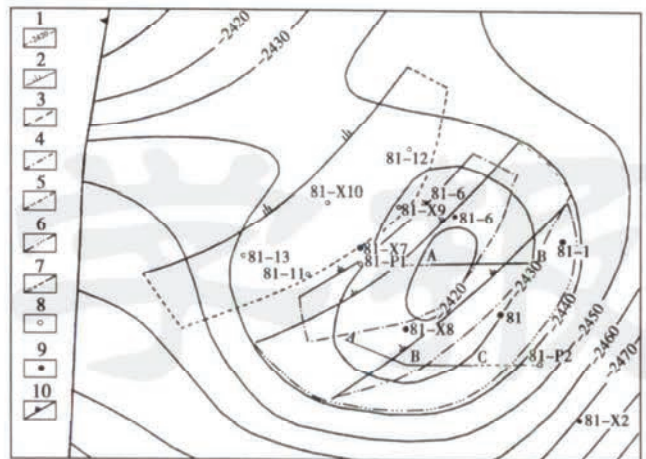


图5 高81块油藏剖面图
Fig.5 Reservoir section of Gao 81 block



1—火成岩底构造线;2—油水界面;3— E_{S_2} 上含油边界;4—Ⅰ组含油边界;5—Ⅱ组含油边界;6—Ⅲ组含油边界;7—水平井;8—滚动井;9—老井;10—火成岩尖灭线

图4 精细滚动勘探开发成果图

Fig.4 Fine extended exploration and development results

(4) 水驱动态储量与采收率预测 该块为典型的边底水层状油藏,能量充足,据累计产油与累计产水的半对数散点图分析,1998年6月~2000年3月共8个点, r 为0.999171,表明该块动态特征具有典型的童氏开发规律^[5];由此进行预测,预测结果为水驱动用储量为67.2万t、采收率为32.4%、可采储量为21.8万t(原井网条件),表明静态地质储量偏低,并有可观的开发潜力。

(5) 油藏开发动态特征分析 该块为常压油藏,边底水能量较强、油水密度差异大及地层倾角较大等原因是该块产能较好、尤其是初期产能较高的主要原因,同时砂岩体的正旋回特征及不同部位油柱高度的差异是其开发中油井产状差异的主要影响因素。

(6) 剩余油分布与预测 在已有井网条件下按2000年3月以前的动态进行预测,其可采储量为21.8万t,已采6.35万t,剩余可采储量15.5万t;按静态储量测算其可采储量为16.2万t,已采6.35万t,剩余可采储量9.9万t(2000年3月),其中:Ⅰ砂组仅高81-6一井生产,可采储量4.0万t,已采0.5万t,剩余可采储量3.5万t,主要分布于无井控制的高81-6井的西南部;Ⅱ砂组仅高81-X8井一井生产,可采储量7.3万t,已采1.4万t,剩余可采储量5.9万t,主要分布于无井控制的高81-X8井东北部;Ⅲ砂组仅高81和高81-1两井生产,可采储量5.0万t,已采3.8万t,剩余可采储量1.2万t,主要富集于无井控制的高81井西南部,见图4,另外该组无井控制的高81井西南部潜力区与已高含水的动用区(高81及高81-1井区,已累计采油3.8万t)应具有相当的可采储量,因此,该组无井控制的高81井西南部潜力区剩余可采储量应在2万t以上。

综上剩余油分布与预测研究成果表明,该块老井生产对应于不同的油砂组,并单井只能钻遇与生产一组油层,平面上尚有一半的地质储量无井控制,因此具有可观的剩余油潜力(见图4和图5),其剩余油分布规律遵循流体势原理,控制因素可分为静态的遮挡与动态的水势两个方面^[6]。

2.3.2 E_{S_2} 上新含油圈闭的研究与预测

据火成岩底部构造、地层产状及该区 E_{s2} 上储层特征等分析研究认为,在该块西北部火成岩下部应存在 E_{s2} 上的圈闭,其盖层为西北部 E_{s2} 上上部的泥岩段,顶部及边侧部位为火成岩遮挡(见图4和图5);同时据高81-X7井资料研究表明,该圈闭应为一新的含油圈闭。

高81-X7井射孔段以前认为与其它井一样为 E_{s2} 下层段砂体,但据精细地层对比结果表明应属火成岩下部的捕虏体,同时该射孔段捕虏体的声波测井资料表明,其密度与该火成岩密度较一致,因此该致密的捕虏体应为干层、或低产并生产时间短,但该井自1988年5月投产以来日产油7~8t并生产稳定,到1999年底已累计采油近4000t。因此,该井应有油源补充,其补充的油源应为西北部火成岩遮挡的 E_{s2} 上含油圈闭,因该井射孔段下部为10m左右稳定的泥岩段,为 E_{s2} 上与 E_{s2} 下间的分段标志层(见图5);因此高81-X7井的油源补充不可能来自 E_{s2} 下层段,而应来自该井西北部火成岩遮挡的 E_{s2} 上的圈闭中;因此高81块西北部火成岩遮挡的 E_{s2} 上圈闭应为一新的含油圈闭。

2.3.3 成果应用与效果

据以上研究成果表明,高81块存在可观的潜力,表现为一是主体部位 E_{s2} 下层段平面上近一半的地质储量未能动用,纵向上已有井网对各砂层组主要剩余油富集区不可能有效控制。二是在该块西北部存在火成岩遮挡的 E_{s2} 上一新的含油圈闭;为此提出了一是主体部位 E_{s2} 下层段钻水平井两口及零星井1口(设计北部高81-平1动用Ⅱ组剩余油并兼顾Ⅰ组,其水平段为300m;东南的高81-平2动用Ⅲ组剩余油并兼顾Ⅱ组,其水平段为400m;零星井位于该块西南部,动用Ⅰ组剩余油)。三是该块西北部火成岩遮挡的 E_{s2} 上圈闭钻井5口,先钻两口滚动井高81-X9井和高81-X10井。

实施后,高81-P1井钻遇纯油层183m,射开下部油层67m于2000年9月投产,因气大,间抽间喷生产,日产油27~31t稳定生产至今,到2000年12月已累计采油2573t。滚动井高81-X9井初期日产油14t,到2000年12月累计采油1057t,高81-X10井因油层污染待进一步解堵生产。由此已投产两井目前日产油36t,为高81块新增年产油能力1万余吨,表明该块精细油藏描述成果取得了显著的社会经济效益。

3 结束语

火成岩油藏属一种复杂的隐蔽性油藏,具有“小而肥”的特征,已成为目前老区滚动勘探与开发挖潜的一重要类型;尤其是火成岩遮挡类型油藏,该类油藏的复杂性主要表现为火成岩的产状与厚度的多变性难以预测与正确描述,其勘探与精细滚动勘探开发的关键为其圈闭的准确描述。通过建立模型研究表明,一是该类油藏的早期探井应部署在地震解释圈闭内火成岩厚度较薄的范围内为最优方案,同时表明按地震 T_0 剖面与其解释的构造图而部署的探井无工业油气流区仍有继续勘探的价值与潜力;二是该类油藏的特征决定了其高效的勘探与开发必须经过勘探、滚动勘探、精细滚动勘探开发三个必要阶段,另外,正确认识与预测火成岩捕虏体,对实际勘探开发与钻井等具有重要意义。

参考文献

- [1] 周立宏,等. 黄骅坳陷第三系火成岩与油气关系探讨[J]. 石油学报,2000,21(6):29~34.
- [2] 谢忠怀,等. 济阳坳陷第三系火成岩相、储层特征及成因[J]. 复式油气田,1998,8(4):62~64.
- [3] 蒲玉国. 正理庄高39块火成岩油藏特征[J]. 特种油气藏,1997,4(4):10~14.
- [4] 邱家骧. 岩浆岩石学[M]. 北京:地质出版社,1985:11~12.
- [5] 童宪章. 油井产状和油藏动态分析[M]. 北京:石油工业出版社,1981:37~42.
- [6] 蒲玉国,等. 流体势原理在注水油田开发中的潜力区研究与应用[J]. 石油学报,2000,21(3):45~50.

CAI Kai-ping, LIAO Shi-meng(*Northwest Sichuan Gas District of Southwest Oil & Gas Company of PetroChina, Jiangyou County, Sichuan 621709, China*) ACTA 2002,23(1):35~39

Abstract: The source rock drilling cuttings from Xu⁵ to Xu¹ (2530~3780m) of Upper Triassic were continuously sampled in West Sichuan Basin. The absorbed hydrocarbons in the cuttings were analyzed and studied. The generation and evolution of C₄~C₇ light hydrocarbons derived from terrestrial organic matter in this area were defined as three stages: cycloalkane, alkane and aromatic. The thermal evolution triangle of light hydrocarbons from a large number of experimental data became the important foundation for the correlation of C₄~C₇ light hydrocarbons between terrestrial condensates and terrestrial source rocks, as well as the correlation among terrestrial condensates from different reservoirs(different maturity) in the same structure. The modification to Thompson's maturation indexes of condensates was suggested from the discovering of the reversion of heptane and isoheptane values with R_o reaching 1.18%, not increasing with maturity in the profile section. Besides, the hydrocarbon generation model of the terrestrial organic matter in West Sichuan Basin was established based on the light hydrocarbon generation stages and the geological characteristics: gas-cycloalkane condensate stage (R_o=0.55%~1.13%), gas-alkane condensate stage (R_o=1.08%~1.40%) and gas-aromatic condensate or dry gas stage (R_o=1.30%~1.40%).

Key words: Sichuan Basin; Upper Triassic; terrestrial; light hydrocarbon; heptane value; isoheptane value; hydrocarbon generation

EROSION THICKNESS RESTORATION IN SOUTHWEST TARIM BASIN

MU Zhong-hai, et al. (*Southwest Petroleum Institute, Nanchong 637001, China*) ACTA 2002,23(1):40~44

Abstract: According to the geological data of the Southwestern Tarim Basin, authors have restored the strata erosion thickness of the area by use of these methods which are the thickness ratio of the nearby layers, the change ratio of reference layer thickness, and combining with traditional acoustic transit time and the deposition rate. To restore the strata erosion thickness by the thickness ratio of the nearby layers is based on the characteristic which the deposit has the heritage and succession in the same tectonic layer, and according to the thickness ratio of completely preserved nearby layers and the thickness of underlying layers; To restore the strata erosion thickness by the change ratio of reference layer thickness is chosen a complete layer as the reference layer in the bottom of erosion strata of the calculation points, and the change ratio of reference layer thickness is regarded as the change ratio of the whole strata thickness. Because the seismic data has been adopted, the reference points are many and the reliability is increased. Based on the thickness data, the strata erosion thickness has been calculated almost in all instances with the far ranging adaptability.

Key words: erosion thickness; restoration; seismic data; unconformity; tectonic layers

OIL FIELD DEVELOPMENT

THE NATURE OF IGNEOUS ROCK SCREENED RESERVOIR AND THE PRACTICE OF EXPLORATION AND DEVELOPMENT

RONG Qi-hong, et al. (*Shengli Oil Field Co. Ltd., Dongying 257200, China*) ACTA 2002,23(1):45~50

Abstract: Igneous rock distribute widely in Tertiary in the east of China and the igneous rock reservoirs have "small and rich" features which is important reservoir for extended exploration and development in old areas to seek potential reserves and enhance efficiency, especially, igneous rock screened reservoir. But because of the complexity of space distribution and forming features, high-efficiency techniques are key to achieve task during extended exploration and development. The typical features of igneous rock screened reservoir are studied and concluded in this pa-

per on the basis of seismic T_0 model and seismic interpretation model. In the practice of extended exploration and development of Gao 81 block igneous rock screened reservoir, auther made new discovery in the early, new progress of extended exploration in 1998 and a breakthrough of fine study in 2000, and production capacity of this block incerased significantly. Evidently, the process and study method of the exploration and development of Gao 81 are practical and typical for the farther exploration of eastern old area, expecially the progress of extended exploration and development of "small and rich" igneous rock screened reservoirs.

Key words: igneous rock screened reservoir; extended exploration and development; 3-D seismic; reservoir description; bypass oil; horizontal well

MULTI-LAYER RESERVOIR GRAVEL-PACKED WELL-COMPLETION PRESSURE EVALUATION

LU De-tang, et al. (*Department of Modern Mechanics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China*) ACTA 2002, 23(1): 51~55

Abstract: The accurate evaluation of gravel-packed well-completion pressure of multi-layer reservoir is significant for us to deepen the understanding of microscopic mechanism of formations protection and develop production of oil wells furthest. On account of the unreasonableness of the current methods a novel method is brought forth. As to multi-layer reservoirs, each layer can be divided into three areas: area of gravel-packing, area of perforation and area of radial flow. Each area has its own governing equaiton and the solution is expressed by Green function. The well bore pressure and layer-rate is given through Green function in Laplace space. The pressure drop and skin factor is obtained also in each area. In the end, a case of two-layer reservoir is studied and the reasonable conclusions are acquired by applying our novel method.

Key words: multi-layer reservoir; gravel-packing; perforation; pressure evaluation

THE TECHNOLOGY OF SUBDIVISION DEVELOPMENT IN THE STRATIFIED AND FAULT-BLOCK RESERVOIR IN THE PERIOD OF SUPER-HIGH WATER CUT

ZHANG Yu, et al. (*Dongxin Oil Production Plant of Shengli Oil Co. Ltd., Dongying 257200, China*) ACTA 2002, 23(1): 56~60

Abstract: Xin 47 block is a stratified and faulted reservoirs with high reserve abundance, in which the technology of zonal injection development was applied. Due to the influence of the heterogeneity, the situation of water driving is non-equilibrium in the interlayer at the same well pattern. Since 1999, the composite water cut of Xin 47 block was higher than 90% and the conflict of the interlayer became aggravated. The original stratum of production and well pattern would not adjust to the demand of tapping potential production. Since 2000, the work of the fine reservoir description and the subdivision development had been done in Xin 47 faulted reservoir and achieved a very good result. After the work, the composite water cut was decreased by 3% and the rate of oil production was increased by 0.38% and oil recovery was increased by 5%. It is clear that the application of the technology of fine reservoir description and subdivision is feasible for a layered and faulted reservoir to increase the water injection recovery factor.

Key words: stratified and faulted reservoirs; detailed reservoir description; fine reservoir description; study of residual oil distribution; subdivision developing

MATHEMATICS MODEL ON INORGANIC SCALE DYNAMIC PREDICTION NEAR WELL-BORE FORMATION

LUO Ming-liang, et al. (*Environmental and Chemical Engineering School, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China*) ACTA 2002, 23(1): 61~66

Abstract: In the process of oil field development through water injection, the change of outer environment condition