

转变观念在老区勘探中的重要性 ——以胜利油田东部探区青南油田的发现为例

张善文

(中国石化 胜利油田分公司, 山东 东营 257000)

摘要:胜利油田东部探区目前已进入高勘探程度阶段。面临严峻的勘探形势,胜利油田勘探工作者本着思想再解放、认识再创新的理念,精细工作、开拓进取。2013年,在东部老区勘探程度最高的东营凹陷发现了胜利油田东部探区第75个油田——青南油田。回顾青南油田的发现历程,每次认识的创新和观念的转变都给青南地区的勘探工作带来了新的转机。具体表现为:①由斜坡带构造向洼陷带岩性的战略转移突破了青南洼陷工业油流关;②由深水浊积扇向滨浅湖滩坝的认识转变加快了青南洼陷的勘探步伐;③由运移不利区向运聚有利区的观念转变明确了青南洼陷的整体规模;④由满洼滩砂向坝砂局部发育的模式转变推动了老油田新油田的发现。青南油田发现过程中的每个关键点无不体现了创新认识、转变观念的重要性,但提出创新认识的背后是勘探工作者扎实的基础工作和技术上的不断革新。

关键词:转变观念;老区勘探;青南油田;胜利东部探区

中图分类号:TE132.1

文献标识码:A

Importance of unconventional mindsets in further fine exploration of mature blocks: a case study of Qingnan oilfield, eastern Dongying Depression

Zhang Shanwen

(Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong 257000, China)

Abstract: After years of intensive exploration, blocks in eastern Dongying Depression of Shengli Oilfield Company yielded few and few new discoveries in past couple years. Explorationists of Shengli Oilfield Company wisely realized then that new mindsets and open mindness were urgently needed to guide further fine exploration of these aging blocks. Then in 2013, the 75th discovery-Qingnan Oilfield-was discovered in eastern blocks of Dongying Depression. This success can be attributed to the following reasons: an exploration strategy shift from structural traps on slopes to lithologic traps in sags; a shift of understanding of sedimentary settings from deep turbidite fan to shore-shallow lacustrine; an exploration view turning from unfavorable migration zones to favorable migration zones; a change of understanding of sedimentary facies from beach-sandbodies of subsag-scale to local sand bars. These reasons all made the importance of new mindsets and open mindness to stand out in each critical step of discovering the field. However, what behind all these are still concrete basic works and innovative technologies.

Key words: mindset change, exploration in mature blocks, Qingnan oilfield, blocks in eastern Dongying Depression

1961年4月16日,在济阳坳陷东营构造部署的华8井在东营组获得了日产8.1 t的工业油流。该井的成功成为华北平原石油勘探历史性的转折点,自此揭开了胜利油田勘探开发大会战的序幕^[1]。截止2013年初,经历了52年的勘探开发,胜利油田东部探区目前已发现油田74个,累计上报探明储量 52.9×10^8 t,产油 10.4×10^8 t。特别是1982—2012年连续31年年均探明石油地质储量 1×10^8 t,2002—2012年保

持了探明、控制、预测三级储量连续实现年均超亿吨,有力保障了胜利油田的原油稳产,为国家能源战略安全作出了重要贡献^[2]。不可否认,胜利油田东部探区目前已进入高勘探程度阶段,探井密度已达到0.22口/km²,工区已经全部被三维地震资料覆盖,部分重点区带已经进行过二次采集,资源探明率已经超过50%。但即使是在这种成熟探区,面临严峻的勘探形势,近两年来胜利油田勘探工作者本着思想再解放、认

收稿日期:2014-02-27;修订日期:2014-07-11。

作者简介:张善文(1955—),男,博士,教授级高级工程师,石油地质综合研究和勘探。E-mail:zhangshanwen_slyt@sinopec.com。

基金项目:国家油气重大专项(2008ZX05051);中石化胜利油田分公司科技攻关项目(YKK1201)。

识再创新的理念,精细工作、开拓进取,在东部老区勘探程度最高的东营凹陷发现了胜利油田东部探区第75个油田——青南油田。青南油田发现过程中的每个关键点无不体现了创新认识、转变观念的重要性。

1 青南地区概况

青南地区位于东营凹陷东南部,是东营凹陷的一个次级洼陷,同样具有北断南超的特点。该地区北临青坨子凸起,南接八面河断裂带,西部以广利构造带与牛庄洼陷分离,勘探面积约300 km²(图1),主要勘探层系为沙四(沙河街组四段)上亚段。

青南地区的勘探始于1966年,勘探历程可分为4个阶段。阶段一——探索阶段(2004年之前):以寻找构造油藏为主,受地震资料以及地面条件限制,只在凸起边部和洼陷南部完钻几口探井,如L101和LX61等井,多数井见到油气显示,但均未获工业油流。阶段二——突破阶段(2004—2008年):转变思路,开始寻找岩性油藏,2004年完钻的L64井在沙四上亚段试油日产油5.15 t,突破青南洼陷工业油流关,使青南洼陷的勘探初现一丝曙光。阶段三——系统评价阶段(2008—2012年):2008年东营凹陷东部叠前时间偏移三维地震资料出站,通过精细解剖,在构造、沉积、成藏方面取得新认识的基础上,相继部署并完钻一批探井,其中L87和LX90等井相继在沙四上亚段获高产工业油流,从而大大提升了该区的勘探价值,2012年申

报预测储量 $2\,261.58 \times 10^4$ t。阶段四——勘探开发结合阶段(2012至今):综合考虑产能及地面因素,优选L87和LX78C两个区块进行开发试验,目前在两个井区总计完钻开发井24口,均取得良好的开发效果,L87和LX78C区块成为胜利油田东部探区储量向产量转化的示范区块。

2 认识创新和观念转变带来勘探工作新的转机

2.1 由斜坡带构造向洼陷带岩性的战略转移突破了青南洼陷工业油流关

与所有新区的勘探思路相同,青南地区同样是从构造圈闭的钻探开始。自1967年胜利油田发现早期钻探的L4井开始至2002年,相继在青南洼陷北部陡坡带、南部缓坡带,针对沙河街组局部有利构造圈闭部署钻探了L101和LX61等8口预探井,其中5口井见到油气显示,但均未获油流(图2)。探井跟踪分析发现,除L101井钻探目标是由于砂砾岩体差异压实造成的圈闭假象外,其他7口井钻探的构造圈闭都非常落实。至2000年左右,这些占据有利构造部位的失利井已经成为青南地区勘探工作继续推进的“钉子户”,青南地区的勘探进入了最低谷,下步勘探方向不明确。但同时,这些井见到的大量油气显示也坚定了我们对该区继续探索的信心。

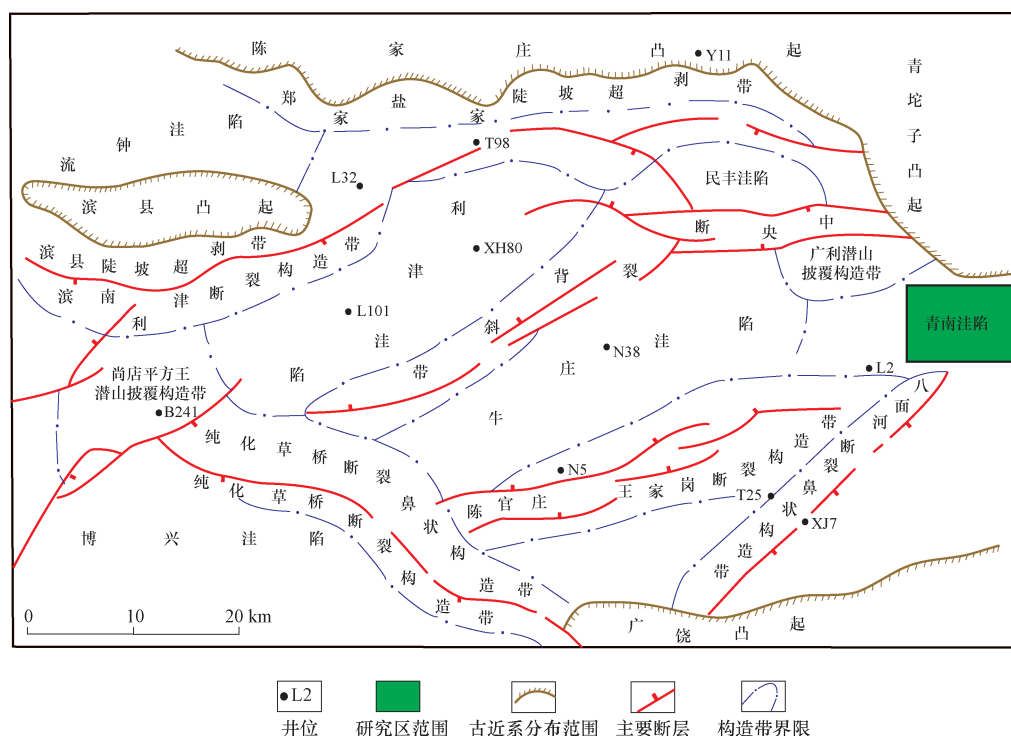


图1 青南地区区域构造

Fig. 1 Regional structure map of Qingnan area

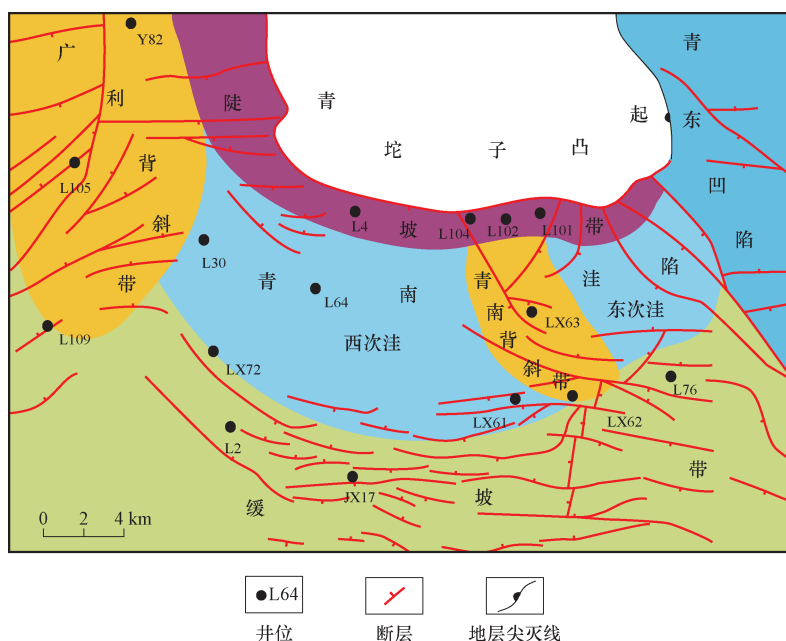


图2 青南洼陷及周缘地区构造带划分

Fig.2 Division of structural zones in Qingnan Sag and peripheral regions

与此同时,胜利油田提出了陆相断陷盆地优质烃源岩^[3-4]的概念,认为优质烃源岩是陆相断陷盆地油气的主要贡献者,是陆相断陷盆地富油气的前提和基础^[5]。胜利油田勘探工作者研究发现受构造运动和古气候影响,东营凹陷古近纪经历了盐湖—咸化—淡化的湖盆演化过程^[6-7]。沙四上亚段沉积时期,咸化湖泊环境形成的稳定盐度分层,使有机质得以有效保存,成为烃源岩富含有机质的关键因素^[8-9]。与淡水湖泊环境烃源岩(沙河街组三段中—下亚段)只存在晚期成烃阶段相比,咸化湖泊环境烃源岩具有早生、早排、生烃周期长的特点^[10]。这一认识确立了沙四上亚段咸化湖泊烃源岩在济阳坳陷的主体地位^[11-12]。在上述认识指导下,对青南洼陷沙四上亚段烃源岩进行了资源再评价,评价结果表明面积仅有180 km²左右的青南洼陷带,其沙四上亚段资源量可达 2×10^8 t左右。与此同时,东营凹陷洼陷带岩性油藏勘探取得了丰硕成果。因此,沙四上亚段咸化湖泊烃源岩高效生烃能力的研究成果与洼陷带岩性油藏的成功勘探经验共同促成了青南地区勘探思路的转变和勘探阵地的转移。随后在2003年,在对青南地区沙三—沙四段储层分布规律研究的基础上,运用新出站的广利东三维地震资料进行了储层描述。在青南洼陷带部署了针对扇三角洲上倾尖灭、浊积岩岩性油藏的L64井。该井于2004年1月完钻,在沙四段钻遇油层4.5 m/3层,油、水同层2.9 m/1层;对沙四上亚段纯上6砂组3 790~3 793 m,3 m/1层油层进行试油,日产油5.15 t,日产水1.53 m³。L64井的成功突破了青南地区的工业油流关,使我们更加坚定了对青南地区勘探工作

的信心。同时,也给了我们一个重要的启示:对于生烃量相对较小的盆缘小洼陷的勘探,应本着近洼找油的原则,先从洼陷带入手,突破以后再向斜坡带依次展开。

2.2 由深水浊积扇向滨浅湖滩坝的认识转变加快了青南洼陷的勘探步伐

就构造位置而言,L64井靶点位置几乎位于青南洼陷西次洼的正中心。而现今地震剖面显示青南洼陷与周缘广利、青南背斜带等正向构造带之间的高差较大,可达1 200 m左右^[13]。因此,L64井最初钻探的目的层主要为南、北两大物源推进至深洼区后发生二次滑塌形成的浊积砂体。L64井钻探成功后,对所钻遇砂体的成因类型也基本都持这种观点,然而下步的评价部署又遇到了新问题。青南地区虽然刚进行了新三维地震资料的采集处理,但地震资料品质较差,属性提取、反演等储层预测描述的常规手段应用效果都不理想,仅依据宏观的地质规律进行评价部署风险太大。因此2004年以后直至整个“十一五”期间,青南地区的勘探工作进展缓慢,处于有点无面的尴尬局面。

从“十一五”末期开始,胜利油田加大了对青南地区的攻关力度,从构造、沉积等基础工作入手,对青南地区进行了系统研究。首先,分别从微观和宏观角度出发,基于岩心、薄片、测井等资料,同时与广利西W58井区的典型浊积岩沉积^[14-16]对比,对L64井纯上6砂组钻遇砂体的相类型进行了再认识。从单层厚度和测井相来看,L64砂体单层厚度薄,仅2 m左右,SP曲线呈指状,砂岩质纯,以粉—细砂岩为主(图3);而W58砂

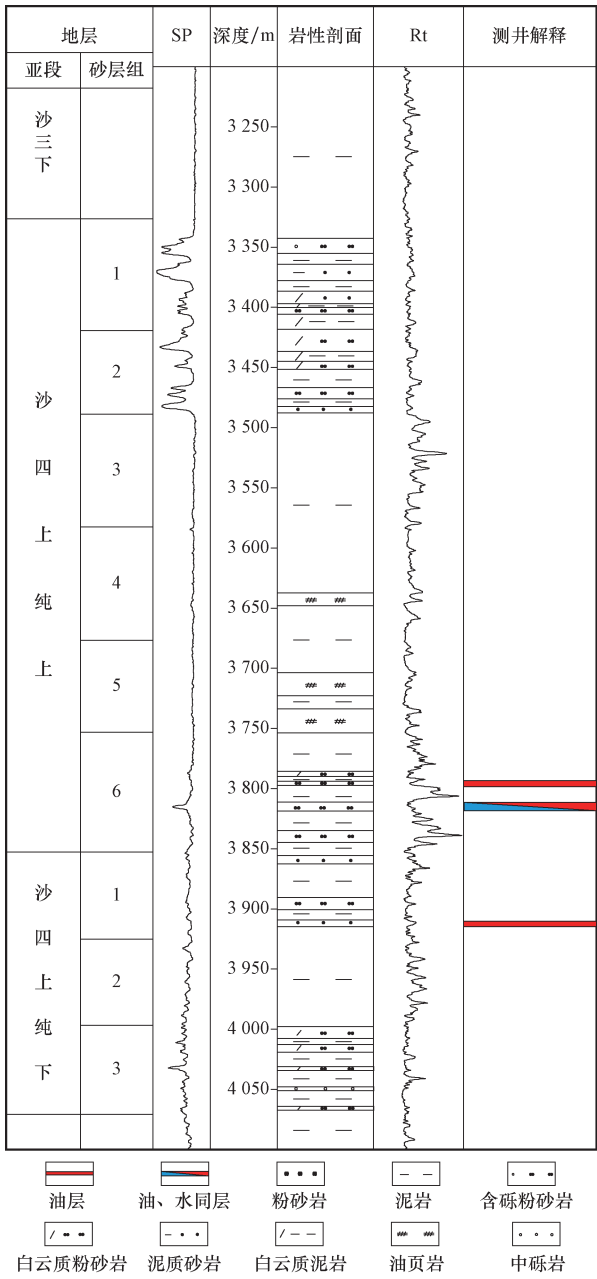


图 3 青南地区 L64 井地层综合柱状图
Fig. 3 Generalized stratigraphic column of Well L64 in Qingnan area

体单层厚度较大,可达 15 m 左右,SP 曲线呈现箱形、钟形特征。从沉积构造来看,L64 砂体上、下相邻泥岩虽然颜色较深,但泥岩不纯,基本都为粉砂质泥岩,内部普遍发育滨浅湖环境中常见的透镜状层理、波状层理,局部可见峰尖谷圆的浪成波痕(图 4);而 W58 砂体中则发育一些重力流的典型沉积构造,如砾石、鲍马序列、包卷层理等,与砂体相邻的泥岩以灰色、深灰色为主,泥岩质纯,具水平纹层。镜下鉴定发现,L64 砂岩粒间填隙物以铁白云石等碳酸盐胶结物为主,泥质杂基含量低;而 W58 砂岩颗粒间填隙物以泥质杂基为主,碳酸盐胶结物相对较少。上述各项特征表明,L64 砂体为沉积水体较浅、水动力条件较强的滨浅湖滩坝沉积。对于 L64 砂体上、下泥岩颜色较深的问题,分析认为主要是咸化湖泊水体呈还原环境而导致的。这与前人关于东营凹陷沙四上亚段烃源岩形成于咸化浅湖-半深湖环境的认识基本一致^[17-19]。

L64 井已经证实了沙四上亚段沉积时期青南地区发育滩坝砂,但青南是否具备大面积发育滩坝砂的地质背景?针对这一问题,从构造演化、古地貌、古水动力角度对其进行了分析。首先构造演化分析表明,沙四上亚段沉积时期青南及周缘地区构造沉降幅度较小,呈现为宽缓浅盆特点,现今剖面所显示的“山高水深”的特点是在沙三下亚段沉积后盆地的继承性沉降而逐步形成的。这与古地貌、古水动力分析的结果基本一致。古地貌-古水动力分析图显示,沙四上亚段沉积时期,青南及周缘地区呈现为一个稳定的浅盆环境,多向水流反映的浅水区分布范围很大,而不利于滩坝砂发育的半深湖-深湖区分布范围非常有限(图 5)。因此,沙四上亚段沉积时期青南洼陷具备大面积发育滩坝砂的地质背景。

在上述认识指导下,2010 年针对滩坝砂岩性油藏在青南洼陷西次洼东斜坡部署了 L87 井。该井于 2011 年 5 月完钻,在沙四上亚段钻遇油层 6.6 m/10 层;对沙四上纯上亚段 2 848.3 ~ 2 860.9 m 油层 3.8 m/3

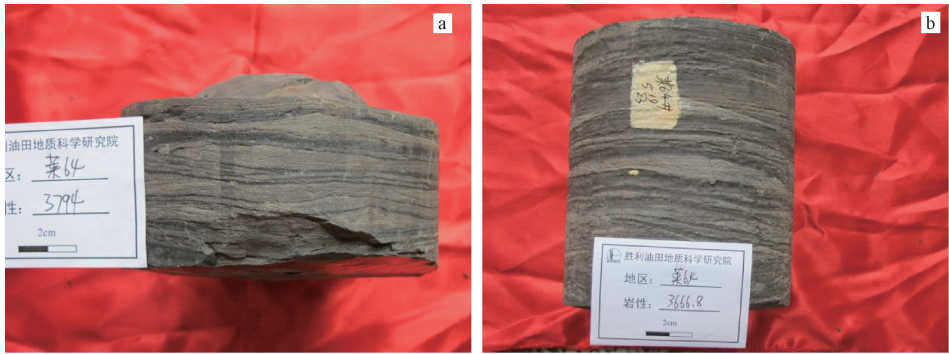


图 4 青南地区滩坝砂典型沉积构造
Fig. 4 Typical sedimentary structures of beach and bar sandbodies in Qingnan area
a. 透镜状层理,浪成波痕,呈峰尖谷圆;b. 透镜状层理

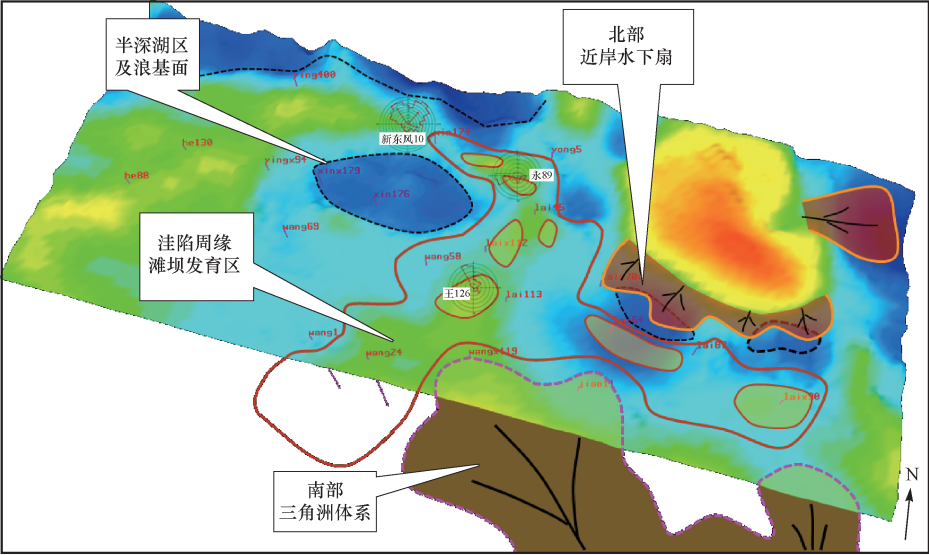


图 5 青南洼陷及周缘地区沙四上亚段古地貌及沉积体系分布
Fig. 5 Paleogeomorphic map and distribution of sedimentary system during the deposition of the upper Es⁴ in Qingnan Sag and peripheral regions

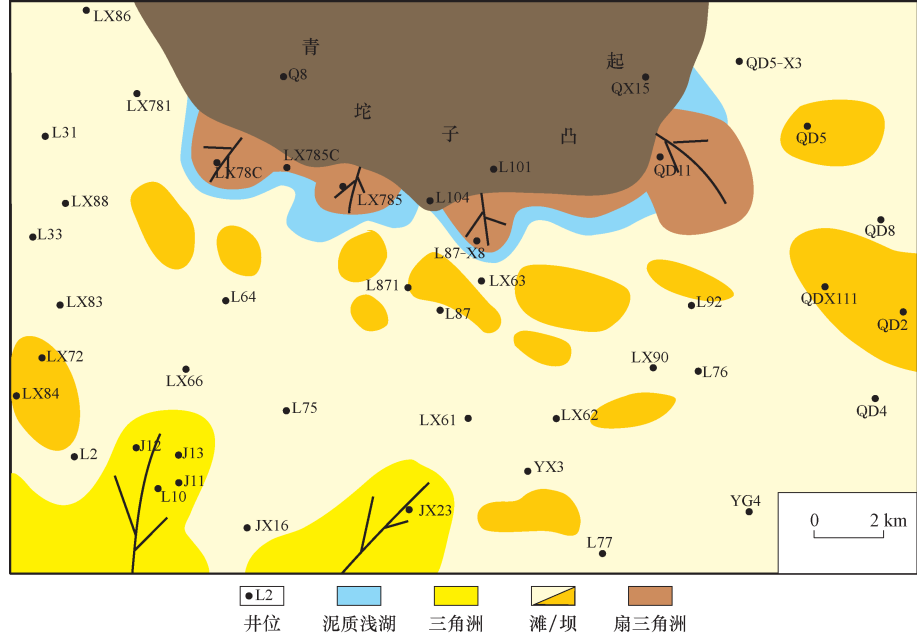


图 6 青南洼陷沙四上亚段纯上 6 砂组沉积相
Fig. 6 Sedimentary facies of the 6th Chunshang sand unit in the upper Es⁴ in Qinnan Sag

层进行试油,获得了自喷日产 31.3 t 的高产工业油流。L87 井的成功证实了青南洼陷大面积发育滩坝砂这一认识的正确性(图 6)。正是对 L64 钻遇砂体类型由深水浊积扇向滨浅湖滩坝的认识转变,促使了 L87 井的部署钻探。该井的成功初显了青南地区滩坝砂的规模潜力,并且加快了青南洼陷的勘探步伐。

2.3 由运移不利区向运聚有利区的观念转变明确了青南洼陷的整体规模

从宏观构造背景来讲,富油凹陷的缓坡带通常是油气运移的有利指向区^[20-22]。油源断裂和骨架砂体周围的圈闭,通常是优先钻探的目标。在这一基本认

识指导下,2006 年我们在青南洼陷南部缓坡带优选有利构造圈闭部署了 L76 井,该井于 2009 年 12 月完钻。该井仅在沙四上纯上亚段底部钻遇 0.5 m/1 层的荧光泥质白云岩,几乎全井段无油气显示。L76 井的失利给胜利油田勘探工作者造成了很大的困惑,甚至有很多人提出青南洼陷东部断裂带为油气运移不利区。

进入“十二五”以后,胜利油田把构造特征研究作为青南地区攻关的一项重要基础工作。通过研究发现,从区域构造位置上来讲,青南地区处于东营凹陷与青东凹陷的过渡带。而上述两个凹陷的构造力学背景截然不同:东营凹陷为典型伸展性断陷盆地;而青东凹

陷为受郯庐断裂带控制形成的走滑伸展盆地。因此,青南地区为处于一种特殊力学背景之下的过渡区,不能简单地将其作为东营凹陷的一部分。随着工作的逐渐深入发现,青南地区除发育东营凹陷常见的张性断层外,同时还发育有扭张、张扭和走滑断层。这些具复合力学性质的断层主要发育在青南中央鼻状构造带和南部缓坡带。

从控制油气成藏的角度来讲,不同于常作为油气运移通道的张性断层,具走滑性质的断裂侧向封堵性往往很好^[23-25],通常对油气起到封堵而聚集成藏的作用。通过研究青南地区的断裂体系发现,在青南东部断裂带 L76 井西侧发育一条形成时期较早的北东向断裂,该断裂被后期近东西向断裂切割,在平面上发生错断(图 7)。从剖面上看,断面陡倾,断距小,具走滑性质。采用断层两侧岩性配置 N/G 法、断层泥比率 SGR 法及断面正压力法等方法对断层的封闭性进行评价表明,其 N/G 平均值为 0.34,SGR 平均值为 0.60,断面

正压力为 4.45 MPa。综合分析认为,该断裂侧向封堵性较好,对于来自青南洼陷的油气源起到封堵作用。断层东侧的失利恰恰反映在其西侧形成了油气的规模聚集。在这一认识指导下,2012 年在该走滑断裂西翼距 L76 井仅 1.5 km 的位置部署了 LX90 井。该井于 2012 年 7 月完钻,在沙四上亚段钻遇油层 6.12 m/6 层。对 2 215.5~2 299.8 m 油层 5.1 m/2 层进行试油,获得了日产 36.1 t 的高产工业油流。LX90 井的钻探成功解放了青南东部断裂带,彻底转变了青南东部断裂带为油气运移不利区的传统认识(图 8)。之后又在其北侧部署钻探了 L92 井,同样获得了日产 27.3 m³ 的高产工业油流。对构造分析这一基础研究的充分重视是促使我们发现青南地区构造背景、演化特征及断裂体系特殊性的关键。随着青南东部多口探井的钻探成功,2012 年青南洼陷申报沙四上亚段预测含油面积 110.34 km²,预测石油地质储量 2 261.58 × 10⁴ t,初步明确了青南洼陷沙四上亚段的整体规模。

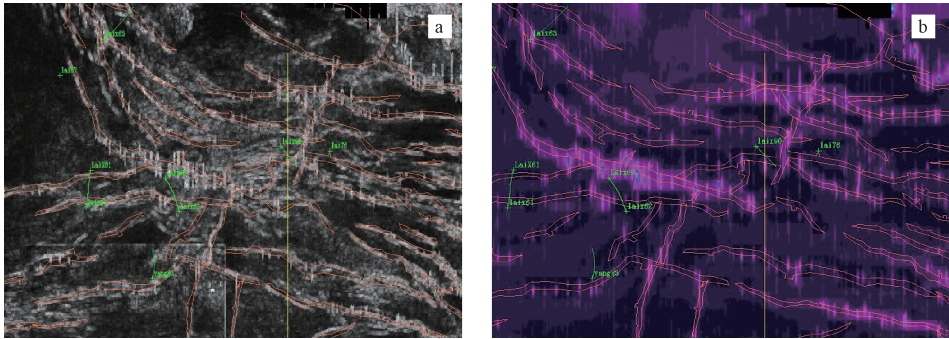
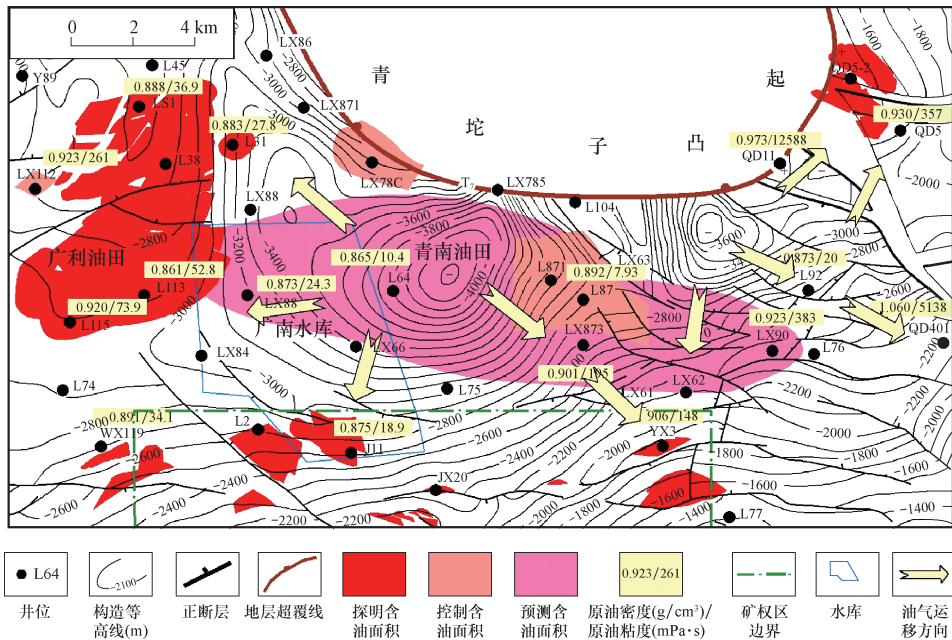


图 7 青南洼陷东部断裂带相干图及地层倾角属性
Fig. 7 Fault zone coherence and dip angle attributes in eastern Qingnan Sag
a. LX90 井区 xt6 相干图;b. LX90 井区 xt6 地层倾角属性



2.4 由满洼滩砂向坝砂局部发育的模式转变推动了老区新油田的发现

截止2012年初,青南地区所有探井揭示的沙四上亚段滩坝砂储层基本都为滩砂,储层单层厚度通常仅有1 m左右。青南沙四上亚段是否存在坝砂发育区?怎样预测?针对这些问题,分别从古物源、古水深、古水动力3个控制滩坝砂沉积分布的主控因素入手,对青南地区滩坝砂的沉积模式进行了系统研究。研究发现,青南地区与东营凹陷西部滩坝砂沉积模式具有一定的差异。

由于青南地区位于南部大型三角洲物源的东翼,而北部物源规模又较小,同时青南地区处于东营凹陷的东南一隅,湖水闭塞,水动力条件较弱,因此湖水对南、北物源的改造不够彻底,造成滩坝砂平面分布的不均衡性。在青南地区洼陷带南侧存在一个宽约2~2.5 km,近东西向展布,南、北物源都“鞭长莫及”的带状储层减薄区。与减薄区对应同样应该存在加厚区。从滩坝砂的发育规律推测,在靠近物源、古地貌部位有利的区域,如微幅鼻状构造侧翼应该存在坝砂发育区。同时,针对地震资料分辨率低的问题,采用对数据体进行拓频处理的方法,将地震资料主频提高到30 Hz以上,再通过属性优选和拟合对储层进行预测。在上述地质认识指导下,同时参考地球物理储层预测成果,2012年在L87井的西北部署了L871井,该井的主要目的为探索L87滩砂储层在更靠近物源位置的变化情况。L871井于2012年9月完钻,该井在沙四上亚段钻遇油斑、油浸粉砂岩12.5 m/8层,解释油层7.4 m/6层。与L87井相比,L871井储层明显变厚,印证了向物源方向滩坝储层加厚的认识。该井完钻后,又在L871东北部署了滚动评价井L87-X1井,以了解青南中央背斜带侧翼是否发育坝砂。该井于2012年10月完钻,在沙四上亚段钻遇滩坝砂储层33.6 m/14层,单层厚度最大近4 m。L871和L87-X1井的钻探成功证实了青南地区滩坝砂沉积模式的正确性。在基本明确坝砂分布规律的基础上,通过一批滚动井及开发井部署,基本控制了L87坝砂发育区的储量规模。2013年10月青南洼陷上报滩坝砂及北部扇体控制含油面积共14.88 km²,控制石油地质储量916.67×10⁴ t,由此发现并命名了胜利东部探区第75个油气田——青南油田。回顾青南油田的发现历程,每次认识的创新和观念的转变都给青南地区的勘探工作带来了新的转机。但提出创新认识的背后是勘探工作者扎实的基础工作和技术上的不断革新。

3 主要认识与结论

胜利油田东部探区经历了52年的勘探开发,目前

已进入了高勘探程度阶段。但从2010年对济阳拗陷资源再评价的结果来看,石油资源量已经达到102.6×10⁸ t,超出三次资源评价结果19.6×10⁸ t,目前仍有剩余资源量49.4×10⁸ t,勘探潜力仍然很大。回顾胜利油田的发展历程,曾多次出现过储量接替阵地不明确、产量下滑的严峻形势。但复式油气聚集带、隐蔽油气藏等新理论、新认识的提出和传统观念的转变带动了油田的再次飞跃,油田储量和产量往往都能一改颓势,继续保持稳定的发展势头。

此外,胜利油田所创造的勘探“奇迹”同样离不开勘探技术的不断进步。就青南油田的发现历程而言,地震资料分辨率低、薄储层预测难度大这些问题的攻克离不开地震资料拓频处理和多属性拟合技术的运用;青南东部断裂带走滑断层的发现和对油气运聚控制作用的提出离不开断层增强处理、改进型相干技术、多种断层封闭性评价新方法以及pathway运移模拟等技术的运用。青南油田的发现历程再次启示我们,对于济阳拗陷这种富油拗陷,我们应正确认识当前的勘探形势。虽然已经达到高勘探程度,但只要精细评价工作、勇于创新认识、善于革新技术,必将开创胜利东部老区勘探的新局面、大场面。

参 考 文 献

- [1] 张安昌,张爱东. 中国油气田发现井[M]. 北京:石油工业出版社,1999.
Zhang Anchang, Zhang Aidong. Discovery wells of oil and gas fields in China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999.
- [2] 张善文. 中国东部老区第三系油气勘探思考与实践:以济阳拗陷为例[J]. 石油学报, 2012, 33(1): 54-62.
Zhang Shanwen. Thinking and practice of Tertiary oil and gas exploration of maturing region in eastern China: a case study of Jiyang depression[J]. Acta Petroli Sinica, 2012, 33(1): 54-62.
- [3] 张林晔,孔祥星,张春荣,等. 济阳拗陷下第三系优质烃源岩的发育及其意义[J]. 地球化学, 2003, 32(1): 35-42.
Zhang Linye, Kong Xiangxing, Zhang Chunrong, et al. High-quality oil-prone source rocks in Jiyang depression[J]. Geochimica, 2003, 32(1): 35-42.
- [4] 刘庆,张林晔,沈忠民,等. 东营凹陷富有机质烃源岩顺层微裂隙的发育与油气运移[J]. 地质论评, 2004, 50(6): 593-597.
Liu Qing, Zhang Linye, Shen Zhongmin, et al. Microfracture occurrence and its significance to the hydrocarbons expulsion in source rocks with high organic matter abundance, Dongying depression[J]. Geological Review, 2004, 50(6): 693-597.
- [5] 张林晔. “富集有机质”成烃作用再认识:以东营凹陷为例[J]. 地球化学, 2005, 34(6): 619-625.
Zhang Linye. A restudy on the hydrocarbon occurrence of “enriched organic matter”: a case study of Dongying depression[J]. Geochimica, 2005, 34(6): 619-625.
- [6] 朱光有,金强. 东营凹陷两套优质烃源岩层地质地球化学特征研究[J]. 沉积学报, 2003, 21(3): 506-512.
Zhu Guangyou, Jin Qiang. Geochemical characteristics of two sets of excellent source rocks in Dongying depression[J]. Acta Sedimento-

- logica Sinica, 2003, 21(3): 506–512.
- [7] 朱光有, 金强, 周建林, 等. 东营凹陷湖盆充填过程对烃源岩的控制作用研究[J]. 地质地球化学, 2003, 31(2): 73–79.
Zhu Guangyou, Jin Qiang, Zhou Jianlin, et al. Study of the controlling function of packing process for hydrocarbon source rocks[J]. Geology-Geochemistry, 2003, 31(2): 73–79.
- [8] 孔凡仙, 张林晔, 周文, 等. 济阳坳陷优质烃源岩层地球化学特征及成烃潜力[J]. 复式油气田, 2000, 7(3): 13–15.
Kong Fanxian, Zhan Linye, Zhou Wen, et al. Geochemical characteristics and hydrocarbon-generating potential of good source rocks in Jiyang depression[J]. Multiple Oil-Gas Field, 2000, 7(3): 13–15.
- [9] Ribouleau A, Derenne S, Largeau C. Origin of contrasting features and preservation pathways in kerogens from the Kashpir oil shales (Upper Jurassic, Russian Platform) [J]. Organic Geochemistry, 2001, 32(5): 647–665.
- [10] 蔡希源. 湖相烃源岩生排烃机制及生排烃效率差异性——以渤海湾盆地东营凹陷为例[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(3): 329–334.
Cai Xiyuan. Hydrocarbon generation-expulsion mechanisms and efficiencies of lacustrine source rocks: a case study from the Dongying sag, Bohai Bay Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(3): 329–334.
- [11] 钱焕菊, 陆现彩, 张雪芬, 等. 东营凹陷沙四段上部泥质烃源岩元素地球化学及其古盐度的空间差异性[J]. 岩石矿物学杂志, 2009, 28(2): 161–168.
Qian Huanju, Lu Xiancai, Zhang Xuefen, et al. Spatial paleosalinity distribution and element geochemistry of argillaceous source rocks in the upper part of 4th Member of Tertiary Shahejie Formation in Dongying Sag[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2009, 28(2): 161–168.
- [12] 张守春, 张林晔, 王宇蓉, 等. 开放、封闭两种体系对比模拟确定深层烃源岩成烃机制: 以东营凹陷沙四段烃源岩为例[J]. 天然气工业, 2010, 30(9): 15–18.
Zhang Shouchun, Zhang Linye, Wang Yurong, et al. A study of hydrocarbon generation mechanism of deep source rocks based on the comparison of experimental simulations in open and closed systems: a case study from the Es⁴ member in the Dongying Sag[J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(9): 15–18.
- [13] 张鹏飞, 田美荣, 吴智平, 等. 东营凹陷青南地区沙四上亚段浅水洼陷沉积[J]. 大庆石油地质与开发, 2013, 32(2): 36–42.
Zhang Pengfei, Tian Meirong, Wu Zhiping, et al. Shallow depression deposition of the upper Es⁴ in Qingnan area of the Dongying depression[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2013, 32(2): 36–42.
- [14] 孙海宁, 万念明, 徐涛玉. 渤海湾盆地东营凹陷广利地区沙四上亚段物源体系及其对沉积的控制作用[J]. 石油天然气地质. 2010, 31(5): 583–593.
Sun Haining, Wan Nianming, Xu Taoyu. Provenance systems and their control on the sedimentation of the upper Es⁴ in Guangli area of the Dongying Sag, the Bohai Bay Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5): 583–593.
- [15] 周磊, 操应长. 碎屑颗粒粒度分析在东营凹陷辛176块沙四上亚段砂体成因研究中的应用[J]. 地球学报, 2010, 31(4): 563–573.
Zhou Lei, Cao Yingchang. The application of clastic grain-size analysis to the genetic study of sand bodies in upper Es⁴ submember of Xin176 area in Dongying Sag[J]. Acta Geoscientica Sinica, 2010, 31(4): 563–573.
- [16] 王亚青. 湖平面变化对王58地区浊积扇形成与演化的控制作用研究[J]. 西北地质, 2009, 42(1): 51–56.
Wang Yaqing. Effect of lake level fluctuations on turbidite fan development in Wang58 Block[J]. Northwestern Geology, 2009, 42(1): 51–56.
- [17] 朱光有, 金强, 戴金星, 等. 东营凹陷沙四中亚段盐湖相烃源岩研究[J]. 高校地质学报, 2004, 10(2): 257–266.
Zhu Guangyou, Jin Qiang, Dai Jinxing, et al. Investigation on the salt lake source rocks for Middle Shashi Column of Dongying Depression[J]. Geological Journal of China Universities, 2004, 10(2): 257–266.
- [18] 刘庆, 张林晔, 宋国奇, 等. 济阳坳陷古近系沙四段上亚段烃源岩沉积有机相研究[J]. 高校地质学报, 2011, 17(4): 586–593.
Liu Qing, Zhang Linye, Song Guoqi, et al. Sedimentary organic facies of the Palaeogene Upper E₂₋₃ s⁴ source rocks in Jiyang Depression[J]. Geological Journal of China Universities, 2011, 17(4): 586–593.
- [19] 张林晔, 宋一涛, 王广利, 等. 济阳坳陷湖相烃源岩有机质化学组成特征及其石油地质意义[J]. 科学通报. 2005, 50(21): 2392–2402.
Zhang Linye, Song Yitao, Wang Guangli, et al. Organic chemical hydrocarbon characteristics and petroleum geological significance of lake source rocks in Jiyang depression[J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 50(21): 2392–2402.
- [20] 梁宏斌, 崔周旗, 董雄英, 等. 断陷湖盆缓坡带高位三角洲体系与油气成藏组合特征分析: 以二连盆地吉尔嘎朗图凹陷为例[J]. 沉积学报, 2011, 29(4): 783–792.
Liang Hongbin, Cui Zhouqi, Dong Xiongying, et al. characteristics of highstand delta system and play in gentle slope of faulted lacustrine basin: a case study of Jiergalantu Sag, Erlian Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(4): 783–792.
- [21] 田建章, 李先平, 崔永谦, 等. 断陷湖盆缓坡带岩性地层油藏模式及勘探实践: 以冀中坳陷文安斜坡和蠡县斜坡为例[J]. 中国石油勘探, 2010, 10(2): 24–28.
Tian Jianzhang, Li Xianping, Cui Yongqian, et al. Lithostratigraphic reservoir models and exploration practice in gentle slope zone of rift lacustrine basins: a case study of Jizhong depression Wenan slope and Lixian slope[J]. China Petroleum Exploration, 2010, 10(2): 24–28.
- [22] 王化爱. 东营凹陷古近系岩性地层油气藏层序地层学特征[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(2): 158–164.
Wang Huaai. Sequence stratigraphic characteristic of the Paleocene lithologic and stratigraphic reservoirs in the Dongying Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(2): 158–164.
- [23] 范秋海, 吕修祥, 李伯华. 走滑构造与油气藏[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2008, 30(6): 76–80.
Fan Qiu hai, Lv Xiuxiang, Li Bohua. Strike-slip fault and the hydrocarbon reservoir formation[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2008, 30(6): 76–80.
- [24] 陈宪保, 卢昇, 韩信. 走滑断层的石油地质意义[J]. 内蒙古石油化工, 2011, (1): 122–123.
Chen Xianbao, Lu Yi, Han Xin. Petroleum geological significance of strike-slip faults[J]. Inner Mongolia Petrochemical, 2011, (1): 122–123.
- [25] 孙洪斌, 张凤莲. 辽河盆地走滑构造特征与油气[J]. 大地构造与成矿学, 2002, 26(1): 16–21.
Sun Hongbin, Zhang Fenglian. Relationship between characteristics of strike-slip structure and oil-gas in the Liaohe basin[J]. Geotectonic et Metallogenia, 2002, 26(1): 16–21.