

文章编号:1009-9603(2019)03-0001-08

DOI:10.13673/j.cnki.cn37-1359/te.2019.03.001

从烃源灶到油气田运移路径上的圈闭评价

——以济阳拗陷为例

宋明水¹,徐春华²

(1.中国石化胜利油田分公司,山东 东营 257001; 2.中国石化胜利油田分公司 油气勘探管理中心,山东 东营 257001)

摘要:济阳拗陷已整体进入中、高勘探程度阶段,发现的油藏基本呈多个环带状分布。在油气从烃源灶向已发现油气田的运移路径上还存在大量的储量空白区,这些空白区内尚未发现的岩性、构造-岩性、地层不整合等圈闭可以捕获油气并聚集成藏。通过对孤东-红柳油田构造鞍部新近系馆陶组岩性圈闭勘探历程分析,简述油气运移路径上圈闭勘探的启示及研究思路的形成过程。以惠民凹陷临南烃源灶与曲堤油田之间江家店油田周缘构造圈闭的研究过程为例,介绍了主要的研究思路和方法:开展油源对比,搭建烃源灶与油气田之间的桥梁;开展油气藏剖析,明确勘探目的层系;开展沉积环境研究,推断可能的输导层和圈闭类型;开展圈闭的有效性识别与评价,明确勘探目标。“从烃源灶到油气田运移路径上的圈闭评价”研究思路及方法的总结与提出,对今后一段时期内的油气精细勘探具有重要的指导意义。

关键词:运移路径;圈闭评价;油源对比;沉积体系;济阳拗陷

中图分类号:TE13

文献标识码:A

Evaluation of trap on migration pathway from hydrocarbon kitchen to oil-gas field: A case study of Jiyang Depression

SONG Mingshui¹, XU Chunhua²

(1.Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying City, Shandong Province, 257001, China; 2.Oil and Gas Exploration Management Center, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying City, Shandong Province, 257001, China)

Abstract: Jiyang Depression has stepped into medium-high exploration stage, and the discovered reserves distributes in shapes of several circles. There are still many reserves blank areas on the migration pathway from hydrocarbon kitchen to discovered oil-gas fields, and there is big potential for the undiscovered traps in blank area including lithologic traps, structural-lithologic traps, and unconformity traps to capture and accumulate hydrocarbon into reservoirs. By analyzing the exploration process of the lithologic traps in the saddle structure of Gudong-Hongliu Oilfield and the north slope of Kendong Swell, the inspiration from trap exploration on petroleum migration pathway and proposes of research ideas were described briefly. Taking the research process of the structural traps in the periphery area of Jiangjiadian Oilfield between Linnan hydrocarbon kitchen of Huimin Sag and Qudi Oilfield as an example, the main research idea and methods were introduced. The bridge between hydrocarbon kitchen and oil-gas field were built up through oil-source correlation, the target strata were built up by analyzing hydrocarbon reservoirs, the possible conductive layers and trap types were identified by studying the sedimentary environment, and the exploration targets were determined by effectively identifying and evaluating the traps. The summary and proposal of the research ideas and methods of “evaluation of traps on migration pathway from source kitchen to oil and gas field” are significant to guide the hydrocarbon exploration in the future.

Key words: migration pathway; trap evaluation; oil-source correlation; sedimentary system; Jiyang Depression

中国陆相断陷盆地的勘探过程大都经历了3个理论指导阶段:第1阶段,以“源控论”和背斜控藏理

收稿日期:2019-01-26。

作者简介:宋明水(1964—),男,山东沾化人,教授级高级工程师,博士,从事勘探部署研究与管理工。联系电话:(0546)8505096, E-mail: songmingshui@sinopec.com。

通信作者:徐春华(1967—),男,山东莱州人,高级工程师,博士。联系电话:(0546)6378021, E-mail: xch0524@sohu.com。

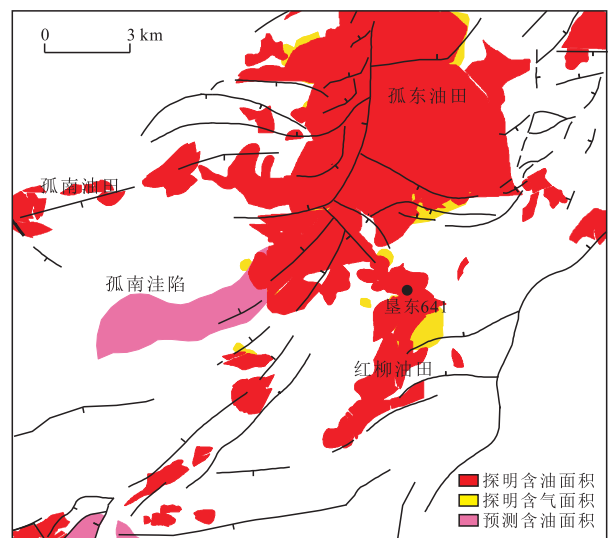
论为指导,以二级正向构造带为主要勘探对象(20世纪60—70年代)^[1-5];第2阶段,以“复式油气聚集带理论”为指导,以低凸起、缓坡带、中央隆起带为主要的油气勘探区带(20世纪80—90年代)^[6-9];第3阶段,以隐蔽油气藏勘探理论为指导(20世纪90年代以后),以陡坡带和洼陷带的地层、岩性等隐蔽圈闭为主要勘探对象^[10-15]。随着油气勘探程度的不断提高,目前渤海湾盆地的大部或局部已进入中、高勘探程度区^[16-17],济阳坳陷大型的正向构造基本钻探完毕,正逐步向面积小、埋藏深、不易发现的隐蔽目标转移。

含油气盆地中,不同(类型)生烃凹陷的烃源岩类型、丰度、成熟度等参数不尽相同,不同油气聚集区的油气富集程度、油气藏类型等也有较大的差别。但油气田一般分布于有效生油区内或者围绕生油中心呈环带状分布,可以是半环、单环和多环,一个烃源灶形成一个或多个油气聚集带^[18-19]。以东营凹陷为例,截至2015年底,探明储量达到 $254\ 737.05 \times 10^4\ \text{t}$,基本上以生烃洼陷为中心形成内环,以整个凹陷为单元形成外环,并以洼陷周边的二级构造带为主要聚集场所^[20]。从储量平面分布来看,还有大面积的空白区,这些空白区中的部分位于已发现油气田的油气运移路径上,可能不乏岩性、构造-岩性、地层不整合等类型圈闭,可以成为捕捉油气的有利场所。因此,从油气田(瓜)出发,建立起油气田与烃源灶之间的关系,为寻找油气运移路径(藤)及运移路径上的成藏圈闭提供了可能。在济阳坳陷大量勘探资料研究和油气田解剖的基础上,笔者提出了“从烃源灶到油气田运移路径上的圈闭评价”的勘探新思路,用以指导勘探领域的优选和有利目标评价。

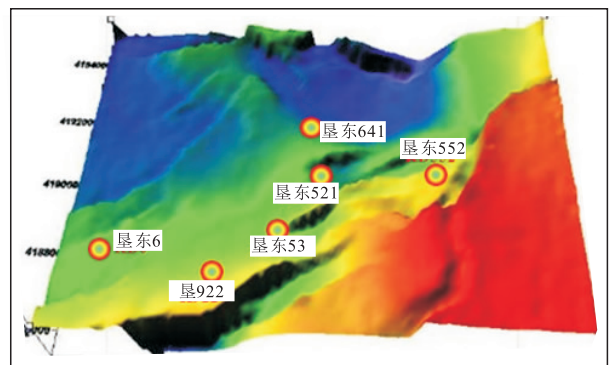
1 勘探实践中的启示

孤东潜山披覆构造带是孤南洼陷、黄河口凹陷生成油气的主要运移指向区,发现了孤东亿吨级大型披覆构造油田;红柳斜坡带以孤南洼陷为主要油气来源,发现了红柳构造-岩性油田(图1a),其主力含油层系均为新近系馆陶组。孤东油田向南、红柳油田向北均钻遇了油水边界,二者之间的结合部(构造鞍部)即成为构造圈闭的勘探禁区。为探索这一勘探禁区,从3个方面突破前人地质认识的束缚:①构造位置有利。在南北方向上,研究区位于潜山披覆构造带和斜坡带的构造鞍部,构造位置较2个已发现油田低;在东西方向上,由孤南烃源灶向

斜坡带逐渐过渡,整体仍处于构造高部位(图1b),地处孤南烃源灶生成的油气向孤东油田和红柳油田运移的路径之上,符合“从烃源灶到油气田运移路径上圈闭成藏”的地质条件。②圈闭条件有利。从沉积体系来看,馆陶组主要发育河道砂体^[21],这些砂体可以独立形成岩性圈闭或与断层匹配形成构造-岩性圈闭。③输导条件有利。红柳油田馆陶组具有网毯式油气运移的特点^[21-22],在正向构造的岩性圈闭中可以富集成藏。



a—区域构造位置



b—馆陶组底面反射层

图1 孤东地区区域构造位置及馆陶组底面反射层立体显示

Fig.1 Structure location of Gudong area and 3D display of bottom reflection of Guantao Formation

基于寻找“岩性圈闭”的新认识,部署钻探了垦东641井(图1b),馆陶组日产油量为10.7 t/d;之后又部署钻探了垦东642井,馆陶组日产油量为10.26 t/d。该区共完钻各类探井21口,新增含油面积为 $5.11\ \text{km}^2$,新增石油地质储量 $707.5 \times 10^4\ \text{t}$,实现了孤东-红柳油田的含油连片。垦东641、垦东642井馆陶组的钻探成功,突破了构造圈闭低部位的勘探禁区。

垦东641、垦东642等井均位于孤南烃源灶与孤

东-红柳油田之间,证明油气在由烃源灶向正向构造带(已知油田)运移的过程中,运移路径上的部分岩性圈闭可以捕获部分油气并聚集成藏。

2 研究思路与方法

通过对济阳坳陷大量勘探实例的研究,总结归纳出的主要研究思路是:以油气运移路径上的输导体系研究为主线,以“两头(灶、藏)”的生油、成藏研究为出发点,全面确定油气田(藏)形成过程中的油气运移路径,准确地预测油气运移路径上的有利成藏圈闭,达到“以瓜找藤、顺藤找瓜”的勘探目的。

以惠民凹陷江家店油田周缘构造圈闭的研究和勘探过程为例,介绍“从烃源灶到油气田运移路径上的圈闭评价”的主要研究方法。

2.1 “以瓜找藤”——运移路径的确定

油气从烃源灶向周围的圈闭运移时,总是沿浮力最大和阻力最小的通道及空间(大孔渗部分)运移。因此,存在一个或若干个优势通道,在宏观上就是油气运移路径。运移路径的确定主要采用构造脊地质分析法和有机地球化学法。

2.1.1 构造脊地质分析法

根据前人研究,70%以上的油气藏位于油气优势运移通道方向上^[23-24]。优势运移通道主要受地层构造形态控制,垂直于构造等高线的流线可以汇

聚、也可以发散,而流线汇聚的方向即为优势运移通道方向^[25]。因此,构造脊是油气汇聚的指向区,而构造脊高部位各类圈闭有可能成为油气的聚集场所。因此,寻找构造脊和构造脊内可能的输导层系成为推断油气运移层系和主要勘探层系的重要手段。

临南烃源灶与曲堤油田之间的构造脊在沙三段下亚段目的层构造图上有清晰的显示(图2),具体是指夏口断层下降盘夏50井一曲斜104井之间的大型构造脊,是临南烃源灶生成的油气向曲堤油田运移的主要路径之一。

2.1.2 有机地球化学法

油气运移、充注是一个持续相当长时间的地质过程,依据不同时期充注原油成熟度的细微差异,可以表征和再现油气的运移路径。根据原油及油砂抽提物中含氮化合物分析结果,研究了临南地区油气运移的方向(图2)^[26-27]。曲堤油田原油充注方向有2个:①从临南沙三段下亚段烃源灶出发,经夏50井到达曲斜104井一曲102井区,即原油来自于西北方向,与夏50井一曲斜104井之间的大型构造脊相吻合,江家店油田就位于该运移路径之上;②自夏47到曲15一曲10一曲斜9井区,即原油来自东北方向,但夏47井附近并不存在烃源灶,而是临南烃源灶的原油自西向东运移至夏47井区后发生大幅度转向,越过夏口断层开启段运移至曲堤油田。

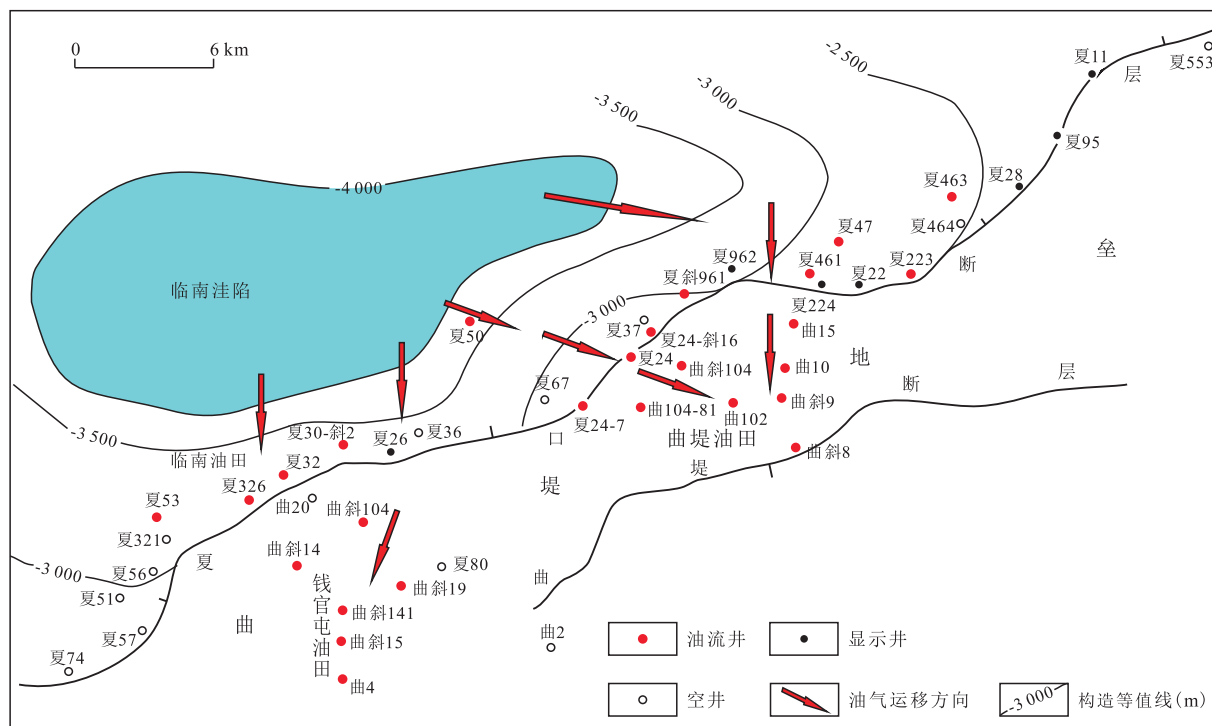


图2 临南地区油气运移方向^[26-27]

Fig.2 Hydrocarbon migration direction in Linnan area^[26-27]

通过油源对比,明确了曲堤油田的油气来源、运移方向和路径,为勘探靶区的确定奠定了基础。

2.2 “顺藤找瓜”——勘探目标的确定

剖析油气运移路径上已发现油田(藏)的整个发现过程,认为在油气运移路径上寻找成藏圈闭,需要开展油气成藏分析、沉积体系分析和圈闭有效性评价等研究工作。

2.2.1 已知油气藏解剖明确勘探目的层系

理论上,输导层一定是地层中孔渗性最好的岩层,但在地质分析过程中却存在一定的难度。实际工作过程中,可以利用横跨烃源灶-已知油气藏(田)或低部位油气藏(田)-高部位油气藏(田)的油藏剖面进行分析(图3)。

作为临南烃源灶与曲堤油田之间过渡带的江家店地区,是油气运移的主要路径,发现了以沙三段为主要产层的构造油藏——江家店油田;高部位的曲堤地垒带发现了以沙四段—沙三段为主要产层的曲堤油田。根据江家店地区断层活动史研究,大部分断层仅活动到沙三段沉积末期(图3),油气发生大规模垂向运移的可能性比较小。因此,沙三段是主要的研究和勘探目的层系。

以构造脊的分析为出发点,以油藏剖面上已发现油气田(藏)的油气成藏过程分析为依据,结合断层活动史分析,可以推断出油气的主要运移层位,进而明确勘探目的层系。

2.2.2 沉积环境研究明确输导体系和圈闭类型

沉积环境研究是勘探工作的基础,其目的有3

个:一是明确储层类型和平面分布;二是明确输导体系类型和展布范围;三是明确可能的圈闭类型。

研究表明,沿鲁西隆起北缘发育了双丰、江家店—瓦屋等三角洲,从沙三段下亚段到上亚段继承性发育,可以划分为三角洲前缘水下分流河道、河口砂坝和远砂坝、浊积岩等多种沉积亚相,是主要的储层类型;各沉积亚相在夏口断裂带及洼陷区纵向上交叉叠置,平面上连片分布(图4)。

根据沉积环境分析结果,研究区三角洲前缘水下分流河道砂体发育,与烃源岩相互叠置分布,是连接临南烃源灶与曲堤油田的主要横向输导砂体(图4),该类砂体与NEE向断层一起构成断-砂阶梯式输导体系(图3),使得沙三段下亚段烃源岩生成的油气沿这一输导体系发生垂向和横向运移,在曲堤油田沙四段—沙三段有利圈闭中聚集成藏。研究区大范围分布的三角洲前缘砂体,叠合NE向或近EW向断层,形成大量的构造、构造-岩性圈闭;浊积砂体分布于烃源岩内,形成岩性圈闭。

通过沉积体系的研究,明确了储层及输导层类型与分布;结合不同层系断层发育情况,确定研究区的主要圈闭类型,为下一步圈闭评价及储层预测方法的选择提供了依据。

2.2.3 圈闭评价研究明确勘探方向和目标

在沉积学研究的基础上,结合储层预测进行砂体识别与描述。不同类型的砂体可以与古地貌或断层或地层超覆、削蚀相匹配,形成岩性、构造-岩性、岩性-构造、地层等类型的圈闭,可以根据圈闭

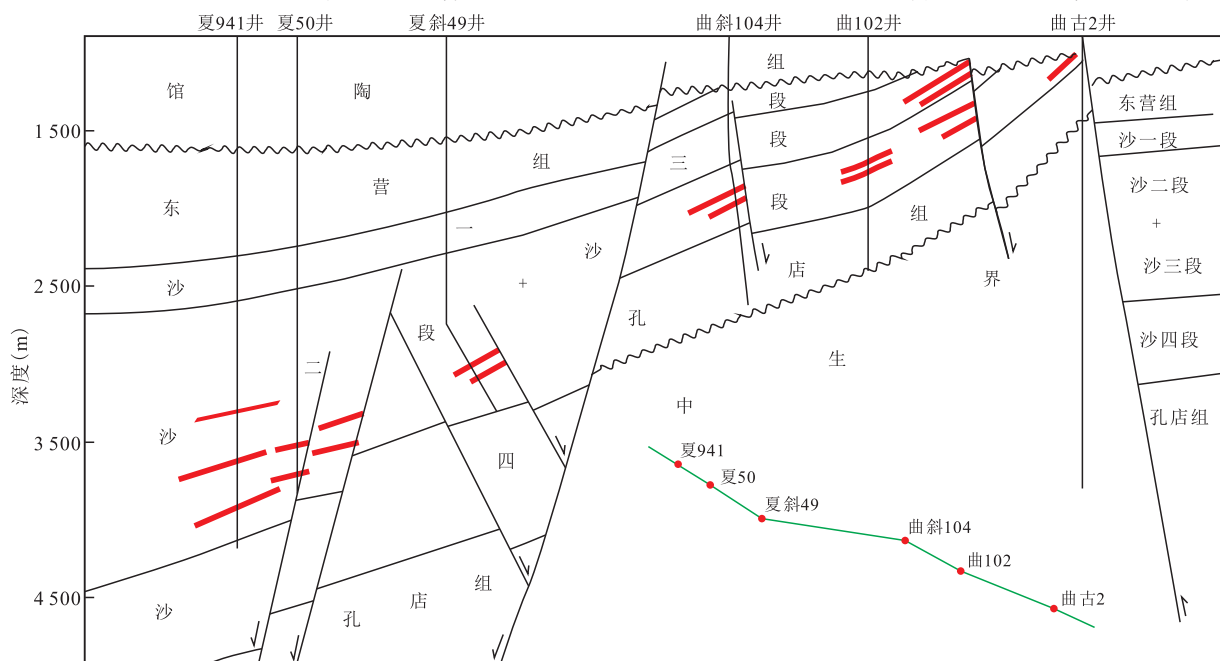


图3 过夏941—夏斜49—曲斜104—曲古2井近南北向油藏剖面

Fig.3 Near NS profile of oil reservoir across Wells Xia941-Xiaxie49-Quxie104-Qugu2

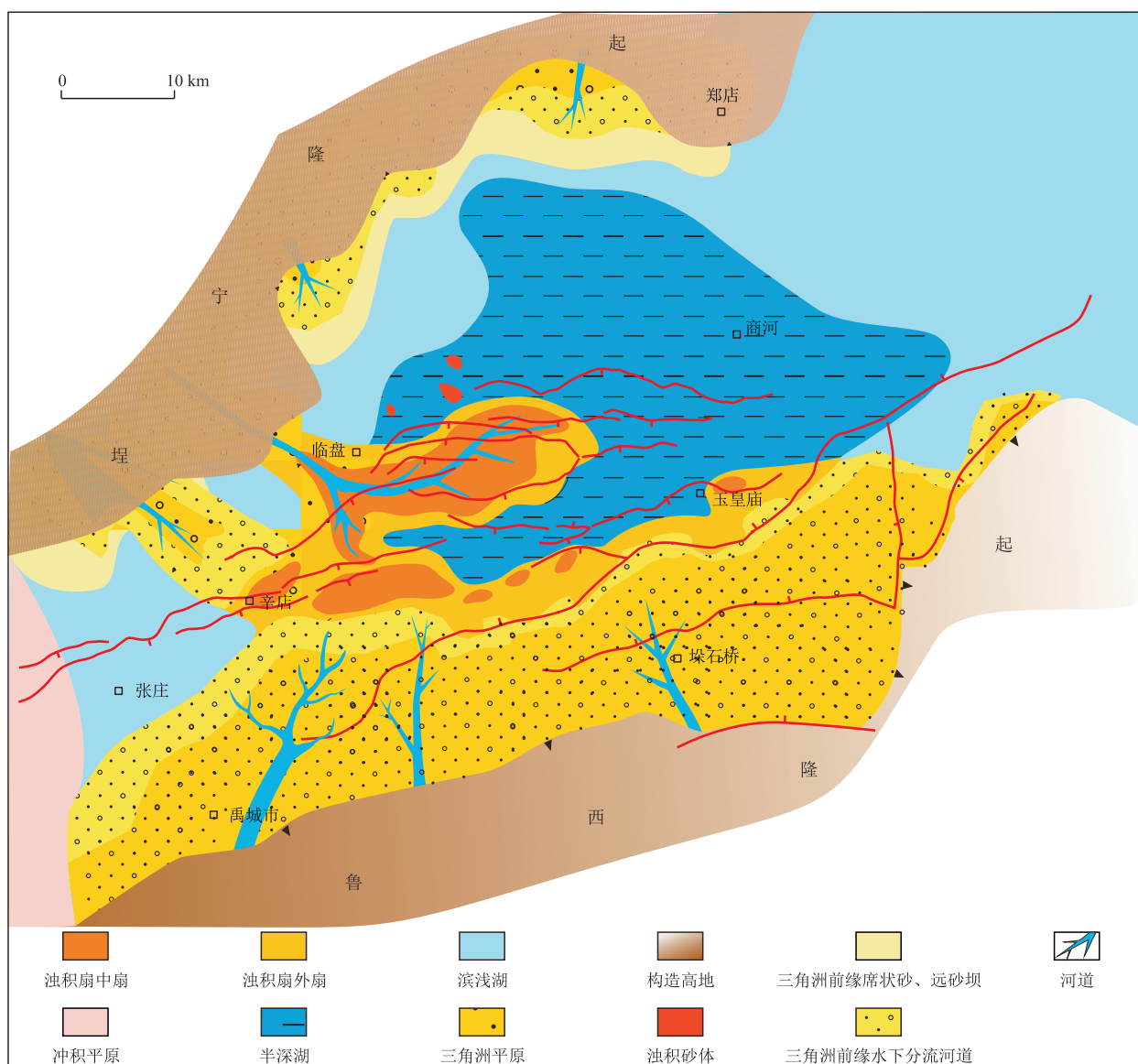


图4 临南地区古近系沙三段下亚段沉积微相平面分布

Fig.4 Sedimentary microfacies planar distribution of Lower Es₃ Submember (Paleogene) in Linnan area

类型,选择相关的地球物理技术,开展勘探目标评价和优选。

通过分频、属性提取等储层预测技术研究,江家店地区沙三段上亚段4砂组南部为三角洲前缘相砂体,储层沿夏斜971—夏491井一线向北减薄尖灭,局部地区发育浊积砂体(图5)。

对江家店油田及其周围地区受大型断层控制的构造圈闭基本都进行了钻探,寻找低级序断层控制的构造圈闭成为勘探的关键。利用蚂蚁体追踪技术进行低级序断层刻画后,落实了多个构造圈闭(图6),优选规模相对较大的圈闭部署钻探了夏972、夏492等井。夏972井沙三段上亚段日产油量为15.9 t/d,夏492井沙三段上亚段日产油量为16 t/d。

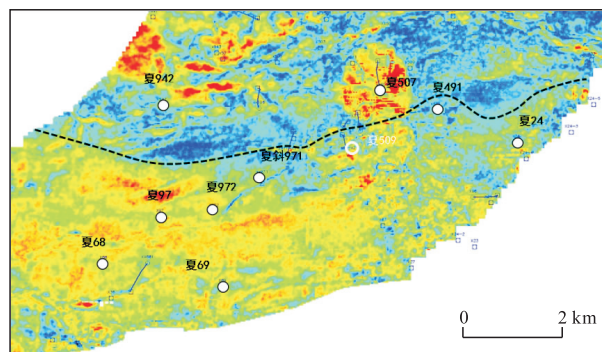


图5 江家店地区沙三段上亚段4砂组储层预测

Fig.5 Prediction map of the reservoirs in the 4th sand group of Upper Es₃ Submember in Jiangjiadian area

夏972、夏492井的钻探成功,证实了“从烃源灶到油气田油气运移路径上的圈闭评价”研究思路与方法的正确性。

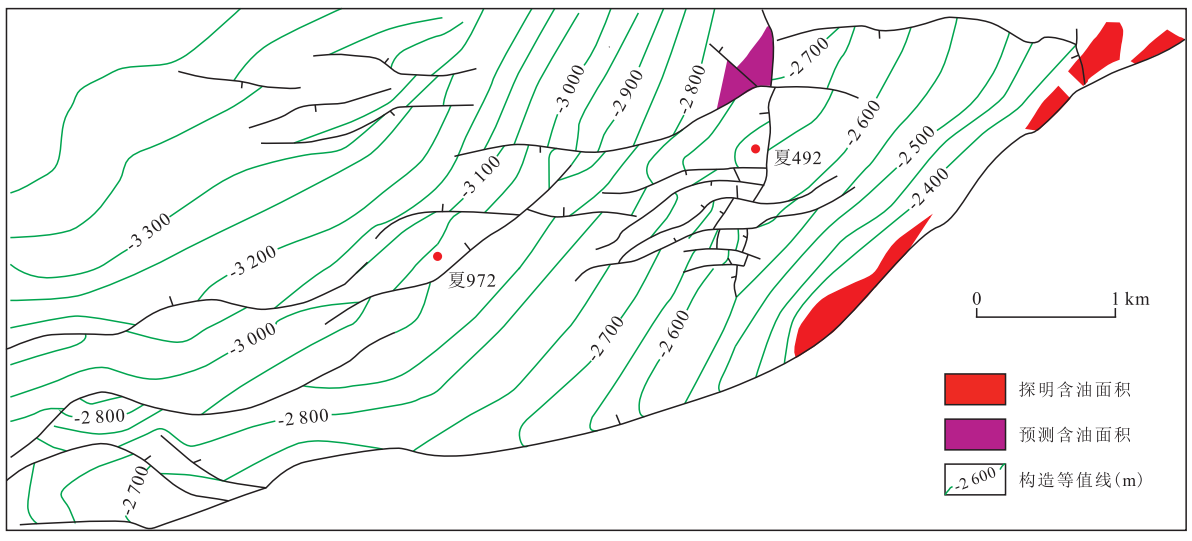


图6 江家店地区沙三段上亚段4砂组顶面构造

Fig.6 Top structure of the 4th sand group of Upper Es₃ Submember in Jiangjiadian area

3 实际应用

以“从烃源灶到油气田运移路径上的圈闭评价”为指导,首先在垦东凸起古近系超覆带发现了地层超覆油藏。垦东凸起位于济阳拗陷的东部,西以垦东断层与沾化凹陷的孤南洼陷相接,东以莱西断层与莱州湾凹陷相连,北部倾没于黄河口凹陷,南界以垦东南断层与青东凹陷相接,是一个以中、古生界为基底、古近系—新近系超覆或披覆其上的高潜山披覆构造带。在构造带主体部位发现了以新近系馆陶组—明化镇组为主要目的层的新滩油田,包括垦东23、垦东70、垦东12、垦东30等多个主要含油区块;北部发现了以馆陶组为主要目的层的新北油田,包括垦东47、垦东48等含油断块。地球化学分析表明,油气主要来自北部黄河口凹陷沙三段烃源岩^[28]。根据“运移路径上圈闭成藏”的地质新认识,来自北部黄河口凹陷的油气在向垦东凸起新滩油田运移的过程中,部分油气在运移路径上的地层圈闭或构造-岩性圈闭中聚集成藏。据此发现了垦东86井东营组和垦东88、垦东89等井沙河街组地层超覆油藏。

此后,先后在济阳拗陷的多个地区取得勘探突破(图7)。位于惠民凹陷临南烃源灶与临南油田(构造)之间的夏701、夏703、夏704等岩性、构造-岩性油藏,位于东营凹陷南坡草桥油田北侧的王955、草328地层油藏,位于渤南烃源灶与埕东油田之间的义50砂砾岩体油藏,位于渤南洼陷三合村油田与陈家庄油田之间的垦西1井东营组地层削蚀不

整合油藏,等等,这些区带均位于烃源灶与已知油田之间,属于从烃源灶到油气田运移路径上的圈闭成藏。

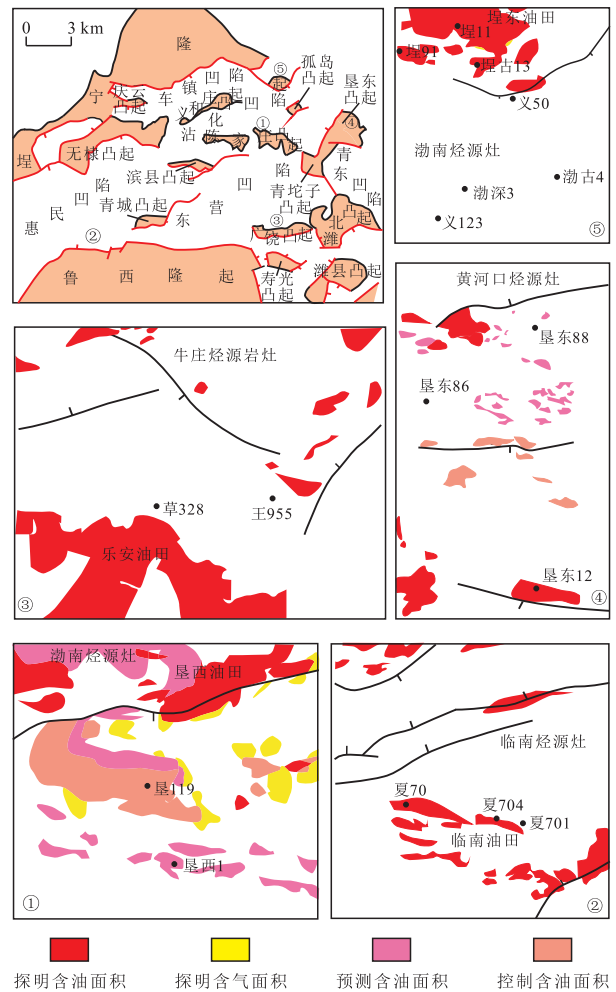


图7 油气运移路径上圈闭勘探部分成果平面分布

Fig.7 Some exploration results of trap exploration on hydrocarbon migration pathways

4 结束语

从济阳拗陷的勘探实践出发,通过对多个油藏发现过程的回顾和总结,提出从烃源灶到油气田运移路径上岩性、构造-岩性、地层等圈闭勘探的基本思路,以惠民凹陷江家店油田周缘构造圈闭的研究和勘探过程为例,介绍“从烃源灶到油气田运移路径上的圈闭评价”的主要研究方法。在此基础上,把总体研究思路和方法归纳为“135”工作法,即1条主线、3项研究、5类图件。

“1条主线”,即“以瓜找藤,顺藤找瓜”。“以瓜找藤”就是通过烃源灶和已发现的油气田(瓜),寻找可能的油气运移路径(藤);“顺藤找瓜”就是在油气可能的运移路径上(藤)寻找可能的成藏圈闭(瓜)。开展3项研究:一是开展油气藏解剖,明确勘探目的层系;二是研究沉积环境,推断圈闭类型;三是精细目标评价,开展井位部署。完成“五类图件”:第1类,油源对比类图件——明确油气来源并推断运移路径;第2类,油藏剖面类图件——明确输导层系及勘探目的层系;第3类,沉积体系类图件——明确输导体系及有效圈闭类型;第4类,储层预测类图件——明确储层发育类型及分布特征;第5类,目标评价类图件——开展圈闭描述,明确勘探目标。

总之,从烃源灶到油气田运移路径上的圈闭评价是今后开展精细勘探的主要思路和手段,也是重要方向和领域。

参考文献

- [1] 李德生. 中国石油地质学的理论与实践[J]. 地学前缘, 1995, 2(3/4): 15-19.
LI Desheng. Theory and practice of petroleum geology in China [J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(3/4): 15-19.
- [2] 胡见义. 石油地质学前沿和勘探新领域[J]. 中国石油勘探, 2004, 9(1): 8-14, 22.
HU Jianyi. Petroleum geological frontier and new exploration field [J]. China Petroleum Exploration, 2004, 9(1): 8-14, 22.
- [3] 李德生. 迈向新世纪的中国石油地质学[J]. 石油学报, 2000, 21(2): 1-8.
LI Desheng. The progress in the petroleum geology of China towards new century [J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(2): 1-8.
- [4] 胡朝元. 胡朝元石油天然气地质文选[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999.
HU Chaoyuan. Oil and gas geology selected works of Hu Chaoyuan [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1999.
- [5] 胡朝元. “源控论”适用范围量化分析[J]. 天然气工业, 2005, 25(10): 1-3, 7.
HU Chaoyuan. Research on the appliance extent of “source control theory” by semi quantitative statistics characteristics of oil and gas migration distance [J]. Natural Gas Industry, 2005, 25(10): 1-3, 7.
- [6] 李德生. 渤海湾盆地复合油气田的开发前景[J]. 石油学报, 1986, 7(1): 1-21.
LI Desheng. Prospect of the composite megastructural oil and gas field in Bohai Gulf of China [J]. Acta Petrolei Sinica, 1986, 7(1): 1-21.
- [7] 陈景达. 复式油气聚集带与盆地研究[J]. 复式油气田, 1996, 1(1): 4-6.
CHEN Jingda. Multiple hydrocarbon accumulation zone and basin research [J]. Multiple Oil-Gas Field, 1996, 1(1): 4-6.
- [8] 刘兴材, 杨申铤. 济阳复式油气区大油田形成条件及分布规律[J]. 成都理工学院学报, 1998, 25(2): 276-284.
LIU Xingcai, YANG Shenbiao. Formation conditions and distribution pattern of the oil fields in the compound oil-gas area, Jiyang [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1998, 25(2): 276-284.
- [9] 薛世荣, 杨孝秋. 北大港复式油气聚集带成因探讨[J]. 复式油气田, 1998, 3(2): 1-8.
XUE Shirong, YANG Xiaoqiu. A discussion on origin of hydrocarbon accumulation zone in Beidagang area [J]. Multiple Oil-Gas Field, 1998, 3(2): 1-8.
- [10] 李丕龙. 断陷盆地油气聚集模式及其动力学特征[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2000, 24(4): 26-28.
LI Pilong. Accumulating models of petroleum and their dynamic characteristics in faulted depression basin [J]. Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science, 2000, 24(4): 26-28.
- [11] 袁选俊, 谯汉生. 渤海湾盆地富油气凹陷隐蔽油气藏勘探[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 130-133.
YUAN Xuanjun, QIAO Hansheng. Exploration of subtle reservoir in prolific depression of the Bohai Bay Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(2): 130-133.
- [12] 潘元林, 张善文, 肖焕钦. 济阳断陷盆地隐蔽油气藏勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
PAN Yuanlin, ZHANG Shanwen, XIAO Huanqin. Exploration of subtle reservoirs in Jiyang faulted basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.
- [13] 李丕龙, 张善文, 宋国奇, 等. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制——以渤海湾盆地济阳拗陷为例[J]. 石油实验地质, 2004, 26(1): 3-10.
LI Pilong, ZHANG Shanwen, SONG Guoqi, et al. Forming mechanism of subtle oil pools in fault basins—Taking the Jiyang depression of the Bohaiwan Basin as an example [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004, 26(1): 3-10.
- [14] 杜金虎, 邹伟宏, 易士威, 等. 华北油田隐蔽油藏的勘探[J]. 中国石油勘探, 2002, 7(3): 7-15.
DU Jinhui, ZOU Weihong, YI Shiwei, et al. Exploration of subtle oil reservoirs in Huabei Oil Field [J]. China Petroleum Exploration, 2002, 7(3): 7-15.
- [15] 马立驰, 王永诗, 景安语, 等. 济阳拗陷滩海地区古近系构造样

- 式及其控藏作用[J]. 油气地质与采收率, 2018, 25(1): 1-5.
- MA Lichi, WANG Yongshi, JING Anyu, et al. Paleogene tectonic styles and their controls on hydrocarbon accumulation in the shallow sea of the Jiyang Depression [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2018, 25(1): 1-5.
- [16] 关德范, 郑和荣, 龙胜祥. 中国石化东部探区油气勘探潜力分析[J]. 石油学报, 2003, 24(2): 1-5.
- GUAN Defan, ZHENG Herong, LONG Shengxiang. Analysis on exploration potential for oil and gas in eastern exploration region of China Petroleum and Chemical Corporation [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2003, 24(2): 1-5.
- [17] 卢姝男, 吴智平, 程燕君, 等. 济阳拗陷滩海地区构造演化差异性分区[J]. 油气地质与采收率, 2018, 25(4): 61-66.
- LU Shunan, WU Zhiping, CHENG Yanjun, et al. Division of differential tectonic evolution in Shengli shallow sea area of Jiyang Depression [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2018, 25(4): 61-66.
- [18] 李丕龙. 富油断陷盆地油气环状分布与惠民凹陷勘探方向[J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 146-148.
- LI Pilong. Zonary distribution of hydrocarbon in oil-enriched rifted basins and exploration direction in the Huimin sag [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2001, 23(2): 146-148.
- [19] 刘震, 陈艳鹏, 赵阳, 等. 陆相断陷盆地油气藏形成控制因素及分布规律概述[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(2): 121-127, 133.
- LIU Zhen, CHEN Yanpeng, ZHAO Yang, et al. Distribution and controlling factors of hydrocarbon reservoirs in continental fault basins [J]. *Lithologic Reservoirs*, 2007, 19(2): 121-127, 133.
- [20] 蔡希源. 成熟探区油气精细勘探理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 2014: 78-79.
- CAI Xiyuan. Theory and practice of elaborate exploration of oil and gas in mature exploratory area [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014: 78-79.
- [21] 张善文, 王永诗, 石砥石, 等. 网毯式油气成藏体系——以济阳拗陷新近系为例[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(1): 1-10.
- ZHANG Shanwen, WANG Yongshi, SHI Dishu, et al. Meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system—Taking Neogene of Jiyang depression as an example [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2003, 30(1): 1-10.
- [22] 吴平. 网毯式油气成藏理论在孤东红柳油田挖潜中的应用[J]. 内江科技, 2013, 34(12): 81, 80.
- WU Ping. The application of meshwork-carpet type oil and gas pool-forming theory in Gudong Hongliu oil field [J]. *Nei Jiang Science & Technology*, 2013, 34(12): 81, 80.
- [23] PRATSCH J C. Determination of exploration by migration pathway of oil and gas [J]. *Foreign Oil and Gas Exploration*, 1997, 9(1): 63-68.
- [24] 李明诚. 对油气运聚若干问题的再认识[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(2): 133-137.
- LI Mingcheng. Re-understanding of some problems about petroleum migration and accumulation [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2008, 29(2): 133-137.
- [25] 李明诚. 油气运移基础理论与油气勘探[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29(4): 379-383.
- LI Mingcheng. Basic principles of migration and hydrocarbon exploration [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2004, 29(4): 379-383.
- [26] 陈庆春, 林玉祥, 唐洪三. 临南地区石油运移方向与成藏期次研究[J]. 沉积学报, 2001, 19(4): 611-616.
- CHEN Qingchun, LIN Yuxiang, TANG Hongsan. Analysis of oil migration direction and accumulation time in Linnan area [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2001, 19(4): 611-616.
- [27] 杜玉民. 夏口断层对临南斜坡区油气分布及运移方向的影响[J]. 新疆石油地质, 2005, 26(5): 525-528.
- DU Yumin. Effect of Xiaokou fault on field distribution and petroleum migration in Linnan slope area [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2005, 26(5): 525-528.
- [28] 林玉祥, 唐洪三. 垦东凸起石油地球化学特征与成藏系统划分[J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(5): 27-31.
- LIN Yuxiang, TANG Hongsan. Petroleum geochemistry characteristics and reservoir-forming system division of Kendong arch [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2001, 8(5): 27-31.

编辑 经雅丽