

济阳拗陷滨海地区 中生界油气研究与评价^①

张日华 信广林 刘希林 王立春

(胜利石油管理局物探公司研究所)

提要 济阳拗陷滨海地区位于渤海之滨,发育有下一中侏罗统坊子组、上侏罗统分水岭组、下白垩统青山组、上白垩统王氏组等四套中生代地层,其在地震剖面上都有良好的界面反射。本区中生界油气资源丰富,存在着三套含油层系和三大油气藏类型(潜山油气藏、断块油气藏、地层—岩性油气藏),可划分为六个重要含油远景区。

一、区域地质构造特征

1. **地层** 除新生代(K_z)地层外,本区中生代(M_z)地层非常发育,自下而上有下一中侏罗统(J_{1-2})坊子组、上侏罗统(J_3)分水岭组、下白垩统(K_1)青山组、上白垩统(K_2)王氏组,缺失三叠系。下伏古生代(P_z)地层。

(1)下一中侏罗统坊子组:分布局限,仅存在于潜山及其周围斜坡地带,呈负向结构(图1),假整合于上古生界之上,与下古生界为不整合接触,最大残余厚度900m。其岩性



图1 641.7地震剖面图

^① 本文1991年4月收到,1993年9月改回。

为灰色砂岩、砾岩、含砾砂岩、细砂岩与灰—深灰色泥岩、泥质砂岩互层。夹大量的煤和炭质页岩为特征,局部见有安山岩和玄武岩,为潮湿气候下的含煤陆屑建造。在黑色页岩中含丰富的孢粉化石,主要孢粉化石组合为石松孢粉属—四字粉属组合及较多的斑点凹边瘤面孢组合¹⁾。

(2)上侏罗统分水岭组:全区均有分布,最大残余厚度 1100m,与下伏坊子组、古生界(O—Є)为不整合接触(图 1)。岩性以紫红色砂岩和灰色砂质泥岩、泥质砂岩、泥岩及砾岩、含砾砂岩为特征。夹有少量的紫色安山岩、灰色玄武岩和凝灰岩、煌斑岩等,为一套干旱气候条件下的河湖相陆屑建造。在灰色泥岩中含孢粉化石,主要孢粉组合为内环粉属、苏铁粉属、海金砂科组合。

(3)下白垩统青山组:该组最发育,分布广,厚度大,在桩西凹陷沉积厚度达 1700m 以上,与下伏分水岭组为假整合接触,岩性有紫色安山岩、灰色玄武岩与杂色砾岩、砂岩、泥岩互层,为火山岩及火山碎屑岩建造。在灰色泥岩夹层中,有少量的孢粉化石,主要孢粉化石组合为无突肋纹孢粉属、两环粉属。

(4)上白垩统王氏组:分布局限,主要分布在各凹陷的中心部位(图 1),最大残余厚度为 1600m。与上、下地层均为不整合接触关系。岩性主要以紫色泥岩、砂岩、粉砂岩及紫红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩为特征,夹有蓝灰色泥岩。它是干旱气候条件下盆地收缩期的产物,为红—紫红色陆屑建造。在灰色泥岩中产孢粉化石,主要孢粉化石组合为希指蕨孢属—皱极粉属—鹰粉属组合。

2. 地震反射波组特征 本区中生界内部的下一中侏罗统、上侏罗统、下白垩统和上白垩统等四套地层之间的三个分层界面,在地震剖面上有三组强反射波与其对应。与下伏古生界以及上覆新生界的分界面在地震剖面上同样有两组强反射波相对应(图 1)。

(1) T_g 反射波组:在本区为中生界与下伏古生界(C—P、Є—O)之间的界面反射。其波组特征:频率偏高,一般为 14—16Hz,多为两个强相位,连续性好(图 1)。

(2) T_j 反射波组:它是下一中侏罗统与上侏罗统之间的界面反射。波组特征:频率偏高,一般为 14—16Hz,二—三个强相位,连续性好。

(3) T_k 反射波组:它是上侏罗统与下白垩统之间的界面反射。波组特征:频率中等,一般为 13—14Hz,二—三个强相位,连续性好。

(4) T_l 反射波组:上、下白垩统之间的界面反射。其波组特征:频率偏低,一般为 12—14Hz,两个强相位,连续性好。

(5) T_r 反射波组:它是中生界顶部风化壳界面反射。波组特征:通常为两个强相位,并且大,频率在 12—16Hz,连续性强。

3. 断裂系统 本区断裂发育,据不完全统计,大小断层约 200 余条。规模较大的断层即相当于一、二级的主断层有九条。按平面展布方向可分为北东、北西、近南北和近东西向四组(图 2)。

以上九条主断层共同特点:产生时间早⁽¹⁾,多产生于中生代早至中期,边断边沉积,属于长期发育而成的同生断层。这类断层上切第三系,下切至前震旦古老岩系。断层上盘和

¹⁾ 王毅,1989 年 6 月,济阳拗陷东北部中生界构造特征分析,石油大学北京研究生部研究生毕业论文。

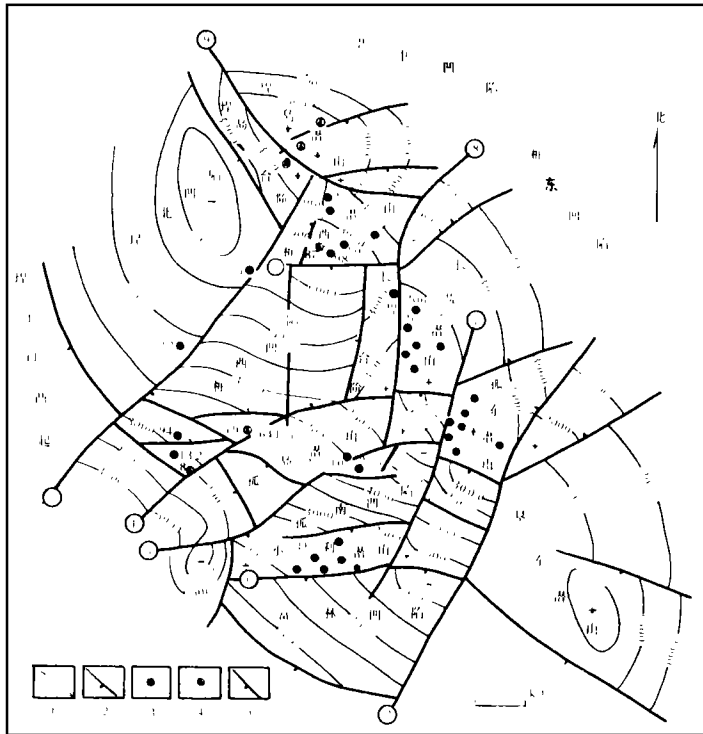


图2 滨海地区中生界顶(T_R)构造略图

1. 构造等深线; 2. 断层; 3. 工业油流井; 4. 油层井; 5. 地层尖灭线;
 主要断层: ①埕东断层; ②垦东断层; ③桩西断层; ④孤北断层; ⑤孤南断层;
 ⑥小垦利断层; ⑦孤东断层; ⑧长堤断层; ⑨埕岛断层

下盘同一层系地层厚度变化很大,而且地层倾角上陡(60°)下缓(30°),落差由浅至深逐渐加大,中生界地层落差大于千米,基底落差数千米。上述断层对本区中生界潜山和中、新生代凹陷的形成与演化都有重要的控制作用。又因该类断层长期活动,故成为油气运移的良好通道。

相当于三、四级断层数量众多,约190多条,其中一部分是主断层的派生断层,而另一部分是晚期构造运动的产物。它们的活动期有早有晚,切割地层有深有浅,差别很大。这部分断层断层规律性不强,但对中生界油气藏的形成及分布都有重要的控制作用。

4. 构造单元特征 华北地区中生代构造运动特征主要表现为块断运动。滨海地区在该运动的作用下,形成了埕岛、桩西、长堤、孤东、垦东、孤岛、小垦利等七个潜山和埕北、桩西、孤南、富林等四个断陷凹陷共十一个次级构造单元(图2)。

从宏观上看,该区中生界构造可分为东、西两大部分。东部是埕岛—垦东潜山构造带,它由埕岛、桩西、长堤、孤东和垦东等五个潜山组成。其延伸方向北西,长达95km。西部为埕北、桩西、孤南和富林四个凹陷以及孤岛、小垦利两个潜山等六个次级构造单元组成。除埕北凹陷为北西走向外,其余各构造均与埕岛—垦东潜山带基本呈垂直相交。上述

七个潜山构造特征有着明显的区别:垦东和孤东潜山是单断式潜山,只有一排山头;小垦利是断阶式潜山,有两排山头;孤岛属于地垒式潜山(图 3),它是桩西和孤南两个凹陷之间的地垒高块;而桩西、长堤和埕岛三个潜山则是褶皱山,后被断层所复杂化。值得注意的是各潜山顶部都有成群或成排的幅度不大的(15—40m)小残丘,这些局部小高点有利于油气聚集和油气藏的形成。

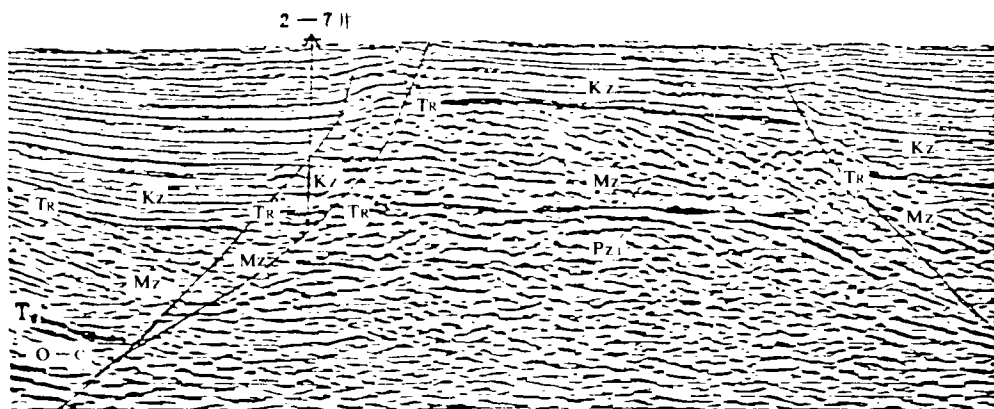


图 3 651.4 地震剖面(孤岛潜山)图

二、石油地质基本概况

1. 油源条件 多年来的生产实践和多种资料的分析研究证实,本区中生界生油能力差,油气主要来自区内的桩西、埕北、孤南和富林四个生油凹陷以及埕岛—垦东潜山构造带东边的桩东凹陷和北部的渤中凹陷。这些凹陷生油岩系非常发育。生油层主要是渐新统湖相暗色泥质岩类。其中重要的生油层系有两套:一套是沙三段,另一套是沙一段至东营组下部,但以沙三段为主。在桩西凹陷内,该套生油岩厚达 800m 以上,其中暗色泥岩厚度 600m。有机碳含量非常丰富,一般为 1.45—2.74%,属于弱还原—还原—强还原环境。生油物质由类质体、壳质体、镜质体、惰质体等组成。干酪根类型主要为腐泥型(I型)和以腐泥型为主的混合型(II)^[2],有利于石油的生成。其余五个凹陷的沉积环境和生油指标均与桩西凹陷相似,都是成熟的生油凹陷。因此,滨海地区多种资料表明生油能力是巨大的、油气资源是极其丰富的。而中生界内部王氏组、青山组、分水岭组基本不具备生油条件,但取自下一中侏罗统坊子组的黑色泥岩分析结果是:有机质丰度和转化指标属于 I 类或 II 类生油岩,成熟度指标达到生油门限值;镜煤反射率值从 3018—3732m 井段之间的变化为 0.56—0.66%,已具备了油气生成条件。但能否运移、聚集而成工业油流尚需进一步研究。

下一中侏罗统为一套陆相含煤建造,仅在沾化、滨海地区含煤地层面积 3400km²。煤层累计厚度一般为 5~10m,最大厚度可达 16m,含炭质泥岩一般为 50~110m,最大厚度 278m,是提供煤或气的物质基础。煤系埋深均在 4000m 左右,处于高成熟—过成熟阶段,

具备了成煤成气的条件。据地质科学研究院分析^①,下一中侏罗统煤的有机炭含量均在50%以上,大大高出最好气源岩有机炭含量2.0—10.0%。干酪根镜煤反射率(RO)值较高,一般均大于0.8%,说明有机质向气的演化程度较高,生气能力强。经测算,下一中侏罗统的生气强度,最大强度 $30 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$,一般为 $5-15 \times 10^8 \text{m}^3/\text{km}^2$ 。义132井、义155井分别在中生界煤系地层中获日产 46540m^3 和 57613m^3 的煤成气。对该天然气分析结果,义155井天然气甲烷为88.77%、甲烷碳同位素 $\delta_{13}\text{C}_1$ 为-32.06‰,与我国四川、东濮煤成气甲烷含量(85~90%)及甲烷碳同位素 $\delta_{13}\text{C}_1$ 含量(-25.79‰—32.60‰)是一致的。此外义155井天然气甲烷碳同位素(-32.06‰),它重于沙三段源岩吸附气甲烷碳同位素值(-46.5—51.5‰),也重于沙四段源岩吸附气甲烷碳同位素值(-33.9—35.2‰),这充分说明中生界的含煤地层是形成煤成气的源岩。

义132井、义155井煤成气的发现,证明了下一中侏罗统煤系地层不但具有生成煤成气的条件,而且可聚集成高产气藏。

2. 储集岩系 滨海地区中生界储集岩十分发育,主要岩性为砂岩和火山岩。下一中侏罗统坊子组至上白垩统王氏组中均有大量砂岩,下一中侏罗统坊子组砂岩占20—35%;上侏罗统分水岭组占40—65%(火山岩占10—20%);下白垩统青山组砂岩占20—30%(火山岩占50—70%);上白垩统王氏组砂岩—粉细砂岩占40—50%。但由于中生界的砂岩层多数致密,所以原生孔隙度和渗透率都比较低,特别是火山岩,一般没有原生的连通性,为非渗透层,因此,次生孔隙和构造裂缝是主要的储集空间。

中生界下白垩统火山岩发育,火山岩中有很多的气孔、杏仁体、收缩裂缝、原生孔隙及溶蚀孔洞等,特别是这些岩石经过多次构造运动改造,产生的大量裂隙、裂缝,这样以来,原生孔隙,次生溶洞,构造裂缝相伴共存,相互连通,就形成了良好的储集层。尤其是中生界顶风化壳则是更为理想的输油通道和油气聚集场所,从101、21、8、19等四口井的测井数字处理成果表可以看出(表1),中生界储集层物性良好,次生孔隙发育,渗透率高达500—900毫达西。因此,如何寻找中生界裂缝发育区,是油气勘探的关键问题。

表1 101井—19井中生界储层物性参数统计表

井号	砂岩层			火成岩层			风化壳			油层段		
	原生孔隙度(%)	次生孔隙度(%)	渗透率(毫达西)	原生孔隙度(%)	次生孔隙度(%)	渗透率(毫达西)	原生孔隙度(%)	次生孔隙度(%)	渗透率(毫达西)	原生孔隙度(%)	次生孔隙度(%)	渗透率(毫达西)
101井	3.2—8.5	2.8—5.6	100—240	2.3—18.9	3.7—17.6	50—300	5.6—17.1	5.2—18.8	50—500	5.2—20.1	6.2—9.8	340—520
21井				10.2—60		200—900	10.2—18.2		300—400	10.2—60		400—900
8井	5.6—8.2	3.3—6.5	100—300				7.4—14.2	5.5—7.8	200—650	5.1—11.2	5.6—8.8	200—250
19井	5.2—10.3	3.5—5.6	50—100				10.2—11.2		100—250	8.5—9.1	5.2—6.8	200—300

*表中参数值,均为各层中的最大值。

① 吴永清,1989年,济阳块断盆地天然气藏形成条件和分布规律,胜利油田地质科学研究院。

三、油气远景评价

1. 油气显示

目前滨海地区中生界见显示的井有 160 口,其中 34 口获工业油流,41 口见油层。油层单层厚度大,多数在 3m 以上。如埕北 12 井,油层二层 48m;桩古 7—1 井油层 12 层 132.8m;桩 87 井,中生界顶埋深 2985m,当钻进中生界 18.9m 时,见到油层 2 层 13m,岩性为下白垩统安山岩。在该油层钻进过程中多次发生强烈井涌、井喷(油气喷高 7m 以上),已发现六口百吨级以上的自喷高产油井。该区所有中生界工业油流井、油层井和 85 口油气显示井,都是在钻探新生界油藏过程中见到的,目前,在整个济阳拗陷(包括滨海地区)还没有一口是专采中生界油气藏的井。上述资料说明中生界隐藏着丰富的油气资源。

2. 主要油气藏类型及其形成

现已发现本区中生界有三套含油层系,除王氏组未见到油气显示外,在青山组、分水岭组和坊子组都获得了工业油流。油藏类型可归纳为三大类:(1)潜山油气藏,(2)断块油气藏,(3)地层—岩性油气藏。

(1) 潜山油气藏类型:

a. 潜山顶部风化壳油气藏:是本区中生界油气藏的主要类型之一。由于潜山顶部主要表现为张应力,构造裂缝发育,加之长期遭受风化、淋滤,形成大量的次生孔隙,增强了原生孔、洞、缝的连通性,改善了储集性能。上覆沙三段(沙四段、孔店组在潜山顶部一般缺失)底部大套泥质岩类为良好的盖层,便形成了油气聚集的有利场所。凹陷中生成的油气沿断裂面、风化壳源源不断的运移到该类圈闭中,形成潜山顶部风化壳油气藏。如埕北潜山的埕北 11 井,桩西潜山的桩 107—1 井,长堤潜山的桩 205—5 井,孤东潜山的孤东 16 井等工业油流井均属此类型。

b. 潜山顶部小残丘油气藏

各潜山顶部都有形状各异、高低有别的砂岩或火山岩小残丘,这些小残丘次生孔隙发育,其被沙河街组泥质岩类覆盖后,便可形成良好的储、圈盖组合。同时,又有四周生油凹陷中的充足油源,极易形成残丘油气藏。而且各小残丘所承受的静水柱压力最低,有利于油气稳定聚集。这种油气藏分布广,富集高产。如桩西潜山的 101 井(图 4)是自喷高产的典型。

c. 潜山内幕油气藏

这种油气藏的形成与断层关系密切,多分布于张性断层集中的断层发育部位。如桩西地区的桩古 7、桩古 15 井,在上侏罗统含砾砂岩和细砂岩中分别钻遇油层 4 层 82.3m 和 5 层 92.2m。此外,中生界内存在多个不整合面,它既是油气运移的通道,也是油气聚集的场所,在一定条件下亦可形成油气藏。

(2) 断块油气藏。

中生界经多期构造运动,断裂发育、断块众多,为断块油气藏的形成创造了有利条件,尤其是在生油凹陷边缘的高断块,油源充足,上倾方向有断层遮挡有利于油气藏的形

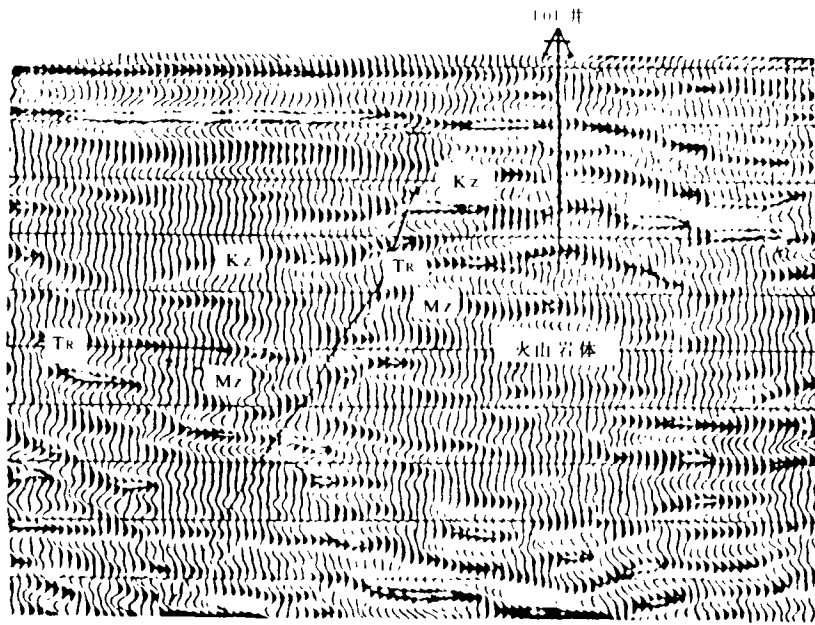


图4 101井油气藏剖面图

成。如埕岛地区的埕北12井,见油层2层48m;孤南地区的孤南2—7井(图3)是百吨以上的高产油井,义155井也属此类型。

(3) 地层—岩性油气藏

该类油气藏是因为储集层横向变化引起,如砂岩体上倾方向尖灭,或者成岩作用的影响失去渗透性而形成圈闭。但更多的则是因中生界构造运动强烈,火山活动频繁,使储层不均一性而形成圈闭,油气沿断层进入该圈闭形成油气藏。据分析,该类油气藏绝大多数与形成潜山与凹陷的大断层及其伴生断层有关。如孤北地区和义132井,孤南地区的孤南2—10井等高产油井都属此种类型。

3. 油气藏分布规律和有利油气区预测

(1) 油气藏分布规律

a. 多分布于生油凹陷的周围。其一,有丰富的油源作为形成油气藏的物质基础;其二,有长期活动的断裂和大断层作为油气运移的通道。

b. 在本区构造的相对高部位,经后期构造运动改造之后,构造裂缝和次生孔隙发育区,特别是生油凹陷周围的高断块最为有利。

c. 对潜山顶部风化壳油气藏而言,多在下第三系各组段的超覆区,特别是沙三段底部泥岩超覆区。

(2) 有利油气区预测

a. 孤东断层的上盘,主指孤东潜山,面积35km²。它是孤岛和孤东两个潜山构造的交汇处,是孤东和孤南两条断层的交汇处,亦是构造的高部位。这种部位应力集中,构造裂

缝和次生孔隙发育,是今后钻探的重点地区。

b. 桩西地区的桩 87—老 21 井区,南北长 10km,宽 4km,面积 40km²。该区是桩西潜山的中部高带,应力集中,构造破碎,不仅有众多的正断层,逆断层亦比较发育。南部的桩 87 井在钻进过程中多次发生井涌和强烈的井喷说明,该区中生界不仅裂缝发育,而且油层压力很大。北部的 101 井自喷高产,这一切都预示了桩西潜山中带高带可能是较大面积的油气富集高产区。

c. 长堤、埕岛、孤岛和小垦利等四个潜山都紧邻生油深凹陷,油源充足,而且油气进入储层的供油条件优越;其生油层倾向、储层倾斜、不整合面倾向、断层面倾向等都一致,使断面和不整合面同时供油,生油层和储集层大面积接触。因此,上述四个地区应是油气的富集区。

中生界在济阳拗陷分布广泛,从井的资料看,坊子组、分水岭组、青山组、王氏组储集岩类极为发育,目前已找到的油藏大部为潜山类油气藏,那些被下第三系沙河街组包围的中生界潜山或块断山都有条件形成油气藏。如埕岛—垦东潜山带、孤岛、小垦利等对油气藏的形成是非常有利的。此外,中生界内部存在着多个不整合,断裂构造发育,裂缝和和次生孔隙也极为发育,因而寻找内幕构造圈闭油气藏也有其广阔的前景。

参 考 文 献

- [1] 赵重远,1984,渤海湾盆地的构造格局及其演化。石油学报,第 5 卷,第一期。
 [2] 张日华,1989,济阳拗陷孤北潜山地质构造与油气富集规律。石油与天然气地质,第十卷,第二期。

RESORACH AND ASSESSMENT OF OIL—GAS POTENTIAL OF THE MESOZOIC ERATHEM IN THE COASTAL OF THE JIYANG DEPRESSION

Zhang Ri hua, Xin Guang lin, Liu Xi lin and Wang Lichung
 (Geophysic Reserach Institute, Sxploration and
 Development Corporation, ShengLa Petroleum Administrative Burean)

Abstract

The coastal area of the Jiyang depression refers to the Northeastern part of Jiyang Depression along the Bohai sea coast line, The mesozou strata in this area is well developed; they include four layers; the Fangzi formation of the Lower and middle Jurassic system, the Menyin formation of the wller Jurassic system, the Qingshan formation of the Lower cretaceous system and the Wangsi formation of the upper Cretaceous system, On the seismic profile the four layers exhibit good boundary surface reflection.

Oil and gas is very rich in the Mesozoic erathem in this area where there are three oil bearing horizons and three types of hydrocarbon accumulations (pools). i. e. , buried hill pool, fault block pool, and lithostratigraphic pool. Six prospective oil and gas lands are predicted.