

DOI: 10.16108/j.issn1006-7493.2017012

一种预测异常高压发育范围的新方法：以东营凹陷为例

张守春, 王学军, 朱日房, 邱贻博

中国石化胜利油田分公司 勘探开发研究院, 东营 257015

摘要: 成藏期异常压力是油气成藏研究的关键环节, 其发育范围预示了成藏期油气运移的主要方向, 对预测有利勘探区具有重要的意义。此次研究以东营凹陷为例, 应用地球化学分析的方法, 依据烃类地球化学特征, 建立了异常高压发育范围预测的新方法。首先通过实测资料和地球物理资料相结合, 分析了东营凹陷现今压力发育特征, 进一步明确了各压力系统划分与范围; 然后统计了各压力系统内烃类的地球化学参数特征, 分析了其与压力发育的关系, 明确异常高压区 $C_{26}S/R$ 、甾烷 C_{27}/C_{29} β/β 、 Pr/Ph 均随压力系数增大而总体呈增大趋势, 筛选了划分异常高压区的地球化学指标, 并确定了相关指标的参数范围。将本次建立的新方法应用于东营凹陷油气成藏的研究表明, 东营凹陷成藏期流体异常高压的发育范围在横向、纵向的波及范围都大于现今异常高压发育范围, 且主要延伸区域多位于斜坡带, 这为有利勘探目标区的优选提供了重要依据。

关键词: 异常高压; 发育范围; 地球化学; 表征参数; 成藏期; 东营凹陷

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

文章编号: 1006-7493 (2018) 01-0139-07

A New Method for Predicting the Development Range of Abnormal High Pressure: A Case Study in the Dongying Sag

ZHANG Shouchun, WANG Xuejun, ZHU Rifang, QIU Yibo

Exploration & Development Research Institute of Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying 257015, China

Abstract: Abnormal pressure is one of the critical issues in oil-gas reservoir formation, and its development range indicates the main direction of oil-gas migration and thus is important to the prediction of favorable exploration areas. Based on a case study in the Dongying sag, a new method for the prediction of abnormal pressure development range is established by using hydrocarbon geochemistry. First, combined the measured pressure with the geophysical data, the present pressure development characteristics in the Dongying sag were analyzed to determine the division and scope of pressure systems. Second, according to the statistical features of hydrocarbon geochemical parameters within the pressure systems, their relationship with pressure development were analyzed. Results show that the sterane $C_{26}S/R$, sterane C_{27}/C_{29} and Pr/Ph ratios are positively correlated to pressure coefficient in abnormally high pressure zones. Geochemical parameters were screened for the division of abnormally high pressure zones and the corresponding value ranges were determined. This new methodology was further applied in the Dongying sag. Results show that the development scope of abnormally high pressure is larger than the present abnormally high pressure zone either horizontally or vertically. The main extension areas locate in the slope zone. This provides new important information for predicting favorable exploration targets.

Key words: abnormally high pressure; development range; geochemistry; characterization parameters; accumulation stages; Dongying Sag

First author: ZHANG Shouchun, Senior Engineer; E-mail: zhangsc_slof@163.com

收稿日期: 2017-01-21; 修回日期: 2017-07-27

基金项目: 国家科技重大专项 (2016ZX05006001); 国家自然科学基金项目 (41372129); 国家973项目 (2014CB239100); 山东省地质勘查项目[鲁勘字 (2013) 1号]; 中国石化科技攻关课题 (P15117) 联合资助

作者简介: 张守春, 1970年生, 男, 高级工程师, 从事油气地球化学方面的研究; E-mail: zhangsc_slof@163.com

成藏动力学(古压力)反演是成藏机制研究中的重要环节,其主要方法有数值模拟法、包裹体法等,这些方法都存在一定的局限性。数值模拟法涉及复杂多变的地质参数,包裹体法多解性大,取样和测试也易受实际条件限制,因此,多种方法相结合研究成藏期古压力状况仍是今后的发展趋势。烃类地球化学特征的变化与油气运移有密切关系,这一现象也常常作为研究油气运移示踪的依据。从动力学角度,烃类主要在压差和浮力两种常见条件下发生运移,含烃的流体也相应地处于异常高压和常压两种动力环境。压力环境不同,对烃类特征可能存在一定影响(徐兴友, 2012; 王建伟等, 2007; vanGraas et al., 2000; Carpenter et al., 1996);反之,则可以根据烃类特征的差异,筛选相对敏感地球化学指标,研究油气运移的动力学条件,并对成藏期盆地的压力结构进行合理预测和表征。

1 东营凹陷异常压力的发育特征

东营凹陷是渤海湾盆地济阳坳陷的次一级凹陷,位于渤海湾盆地东南部。现今压力特征是分析成藏期古压力研究的基础,一般从两个方面获取现今的地层压力数据:一是实测地层压力;二是利用地球物理资料计算的地层压力。有关东营凹陷压力特征前人已作了大量的研究(郑和荣等, 2000; 张守春等, 2010; 张善文等, 2009),本次从压力分带的定量评价、成因机制乃至空间分布进行了更为深入的探讨。

1.1 异常压力纵向发育特征

根据东营凹陷实测地层压力统计出压力和压力系数随深度变化关系,东营凹陷超压现象很普遍,2200 m以上地层基本保持为静水压力,随埋深增加,地层压力逐渐偏离静水压力,低压和超压并存,但低压幅度很小,超压幅度渐增。

从层位上看,沙一段及以上地层压力场分布较简单,大部分为正常静水压力环境,其中部分样品点为异常低压分布;沙二段除个别异常低压外,基本上为正常静水压力环境;沙三段和沙四段普遍发育地层强超压,压力系数最大可达1.8;孔店组以及前第三系主要为静水压力,个别样品压力低于静水压力。从发育的强度来看,沙三中下、沙四上超压发育的强度要明显的高于沙三

上,在2800 m以下超压出现一个较大的递增台阶。

1.2 压力系统划分

将实测地层压力与计算地层压力特征相结合,并考虑到东营凹陷增压机制,将凹陷压力系统划分为三种类型压力区:深部以欠压实与生烃增压为主的复合超压区(压力系数 >1.4)、中部以欠压实为主的压力过渡区(压力系数 $=1.06\sim 1.4$)、浅部以静水压力为主的常压区(压力系数 $=0.9\sim 1.06$)。

超压区 是指以欠压实和生烃增压为主的复合超压区,多位于盆地的深洼区,层系上包括了沙三下—沙四上地层,一般埋藏较深(东营凹陷一般在2800 m以下),埋深达到生烃门限深度之下,压力系数一般大于1.4。

压力过渡区 主要是指以欠压实增压为主的压力过渡区,多位于中部地层和盆地的斜坡区,层系上主要包括了沙三中上地层以及沙三下—沙四上斜坡区的部分地层,地层埋深中等,在垂向或平面上位于超压区的上方和侧翼(埋深一般在2200~2800 m之间),压力系数在1.06~1.4之间。

常压区 主要是以静水压力为主的常压区,多位于上部地层及盆地边缘,层系上主要是指沙二段及以上的地层,同时也包括沙三、沙四段盆缘的大部分区域,地层埋深较浅(一般在2200 m之上),压力系数一般在0.9~1.06之间。

1.3 平面分布特征

在单井压力统计及剖面特征分析的基础上,利用1000余口井的数据,按照东营凹陷压力系统划分的原则,研究了地层压力平面分布特征。统计结果表明,东营凹陷压力系统的分布受构造、断裂的影响较大,盆地内凸起、断裂分割了压力系统。盆地中心则为超压区,深洼区的三四级断层对压力系统的分割作用并不明显,如河125断裂带及中央隆起带仍处于超压区范围内。压力过渡区主要位于超压区系统的外围盆地斜坡区,平面上呈环带状分布,埋深中等。常压区主要分布在盆地的边缘,埋深较浅。

沙四上地层超压发育较为典型,在平面上发育多个超压中心,分别处在利津、牛庄、博兴等洼陷的沉积、沉降中心。超压区主要包括了北部的利津—牛庄以及南部的博兴两大超压区。其中北部的利津—牛庄超压区范围较广,涵盖利津、牛庄洼陷的大部分区域,整个超压区连为一片;

南部的博兴洼陷超压区范围相对较小，主要局限在其深洼区。从超压发育的强度来看，利津洼陷的超压强度要明显大于牛庄和博兴洼陷，压力系数可达到1.8以上，而博兴洼陷超压强度则最小，压力系数最高在1.4左右。

2 基于地球化学特征的异常高压预测方法

2.1 原油物性分带特征

原油的物理性质包括诸多参数（如：密度、粘度、饱和压力、气油比、凝固点等），各参数的变化是相互关联的。油气在运移过程中，由深至浅普遍地发生油溶气出溶和原油稠化，沿运移方向一般饱和压力和气/油比逐渐降低，密度和粘度逐渐增加（包友书等，2009）。在2500 m以下，原油以常规油为主，而在1500~1600 m以上，由于饱和压力降低、油溶气出溶、轻组分损失，导致向浅部随地层压力下降稠油居多（一般地层原油粘度在50 mPa.s以上的原油均为稠油），表现为各生油洼陷中心的原油主要为轻质油和中质油，向凹陷边缘区主要分布重质油和超重油。当然，也存在一定程度的生物降解、水洗作用等都会使原油稠化（刘华等，2006）。所以，物性变化也成为研究油气运移的指标。

2.2 地球化学分带特征

研究表明，油气地球化学特征与压力区间之间具有相关性。不论是从宏观的气/油比、族组

分，还是单体化学组分都可能存在这样的相关性。烃类大量指标反映生烃与运移的信息，包括轻/重比 [如 Pr/Ph、 $(nC_{21}+nC_{22})/(nC_{28}+nC_{29})$ 、甾烷 C_{27}/C_{29} 等]、异构化参数 ($C_{29}S/R$ 、 $C_{29}\beta\beta/\alpha\alpha$ 、伽马蜡烷/ C_{30} 藿烷、Ts/Tm 等)。以 $C_{29}S/R$ 、轻/重比 (甾烷 $C_{27}/C_{29}\beta\beta$ 、Pr/Ph) 分区带进行分析，异构组分和轻重组分均对运移具有一定的指示意义。分析时考虑油源的影响需区分油源，东营凹陷的油源主要为沙四段和沙三段（张林晔等，2005），沙四段为咸化环境，生成烃 Pr/Ph<1，沙三段为淡水沉积环境，生成烃 Pr/Ph>1。对比结果如表1、表2所示。

超压带 具有高甾烷 $C_{29}S/R$ 、高轻/重比的特征，两类油 $C_{29}S/R$ 平均值和峰值多在0.8之上，甾烷 $C_{27}/C_{29}\beta\beta$ 沙四段平均值低于沙三段，但峰值也基本在0.8之上。沙三段和沙四段来源的油，其 Pr/Ph 在运移前就有较大的差别，在高压段这些参数基本接近原始生成的值。

压力过渡带 甾烷 $C_{29}S/R$ 、甾烷 $C_{27}/C_{29}\beta\beta$ 较高压带有所变小，沙四段来源油变化相对更为明显，其中平均值和峰值范围均变小。两类原油的 Pr/Ph 峰值反映的变化不大，但平均值和分布范围反映的数值较高压区低。

常压带 两类油甾烷 $C_{29}S/R$ 在该区反映的变化规律不尽相同，沙四段来源油以低值为主要特征，沙三油仅峰值区间降低，而平均值和范围有变大。甾烷 $C_{27}/C_{29}\beta\beta$ 沙三段来源油较高，但沙四

表1 沙三段来源油地化参数表

Table 1 Geochemical parameters of oils originated from Es3

深度/m	$C_{29}S/R$			甾烷 $C_{27}/C_{29}\beta\beta$			Pr/Ph		
	均值	峰值	范围	均值	峰值	范围	均值	峰值	范围
≤2200	0.74	0.5~0.6	0.5~1.1	0.92	0.9~1.0	0.8~1.1	0.93	0.9~1.0	0.6~1.2
2200~2800	0.66	0.8~0.9	0.4~0.9	0.87	0.9~1.0	0.6~1.3	1.03	1.0~1.1	0.6~1.2
≥2800	0.86	0.8~0.9	0.4~1.3	0.93	0.9~1.0	0.5~1.3	1.11	0.9~1.0	0.5~1.8

表2 沙四段来源油地化参数表

Table 2 Geochemical parameters of oils originated from Es4

深度/m	$C_{29}S/R$			甾烷 $C_{27}/C_{29}\beta\beta$			Pr/Ph		
	均值	峰值	范围	均值	峰值	范围	均值	峰值	范围
≤2200	0.62	0.4~0.5	0.1~1.3	0.51	0.3~0.4	0.2~1.0	0.44	0.2~0.3	0.2~1.1
2200~2800	0.63	0.5~0.6	0.2~1.1	0.55	0.5~0.6	0.1~0.9	0.36	0.3~0.5	0.1~0.6
≤2800	0.80	0.8~0.9	0.4~1.2	0.75	0.8~0.9	0.4~1.2	0.46	0.3~0.4	0.2~1.0

段来源油相对有所降低, Pr/Ph 特征不一。较低的 $C_{29}S/R$ 、较高的轻/重比是主要特征, 浅部次生作用等对组分影响较大, 如生物降解对烃类异常存在明显影响, 可使 $C_{29}S/R$ 增大 (陈中红, 2012)。

总体来讲, 高压带以高甾烷 $C_{29}S/R$ 、高轻/重比为主, 指标相对稳定。过渡带出现了明显的差异性, 甾烷 $C_{29}S/R$ 和轻/重比高、低值不同程度地出现, 多数情况下轻/重比明显存在大范围低值区, 甾烷异构化有变低趋势, 但局部可保留高值。常压带总体表现为甾烷 $C_{29}S/R$ 大幅度变低, 轻/重比增高。

2.3 异常高压区评价参数

从地质意义上看, 一方面 $C_{29}S/R$ 、 $C_{27}/C_{29}\beta\beta$ 、Pr/Ph 与成熟度均有一定的关系, 随生烃演化 $C_{29}S/R$ 、轻/重比增大。另一方面, 当烃源岩达到生烃门限时, 生烃是增压的主要机制, 初期的运移在超压

状态下发生, 由于色层效应上述三组指标进一步增大。因此, 在高压区形成 $C_{29}S/R$ 、甾烷 $C_{27}/C_{29}\beta\beta$ 、Pr/Ph 等指标的高值区, 体现了演化与运移双重效应的结果。

在成熟演化趋势的基础上, 高于成熟趋势范围的部分则是超压色层效应的影响所致。如图 1, 2 所示, 将东营凹陷油藏分四个压力系数区段进行统计, 即 $P_c=1\sim 1.1$ 、 $P_c=1.1\sim 1.3$ 、 $P_c=1.3\sim 1.5$ 、 $P_c> 1.5$, 随压力系数增大, Pr/Ph、 $C_{29}S/R$ 和甾烷 $C_{27}/C_{29}\beta\beta$ 三参数总体明显高出成熟趋势范围。压力系数 $P_c=1\sim 1.1$ 之间, 油藏接近异常高压起始, 其地化参数约为成熟和运移的初始值, 该区间基本对应排烃门限。结合表 1, 2 分深度段的参数特征, 确定了东营凹陷沙三、沙四段异常高压对应的参数范围 (表 3)。

上述参数中, 分子轻/重组分比因碳数不同其

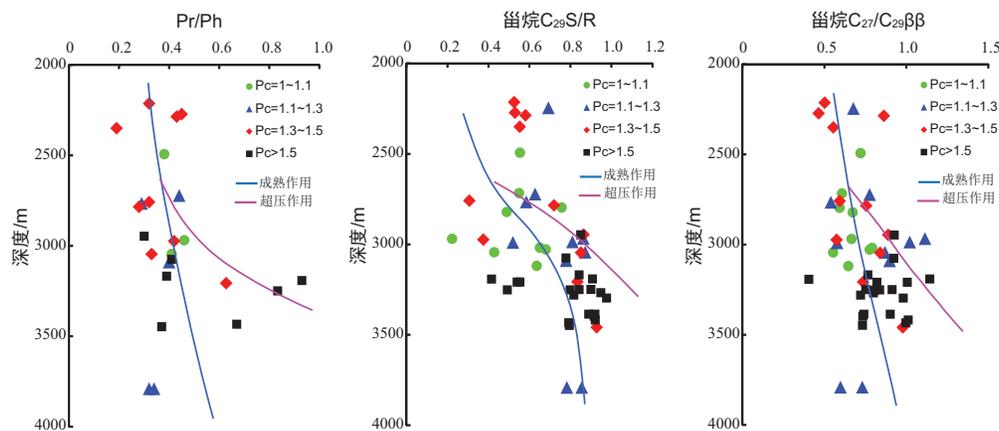


图1 沙四段地化参数随深度及压力系统变化

Fig. 1 Variation of geochemical parameters along with depth and pressure systems in Es4

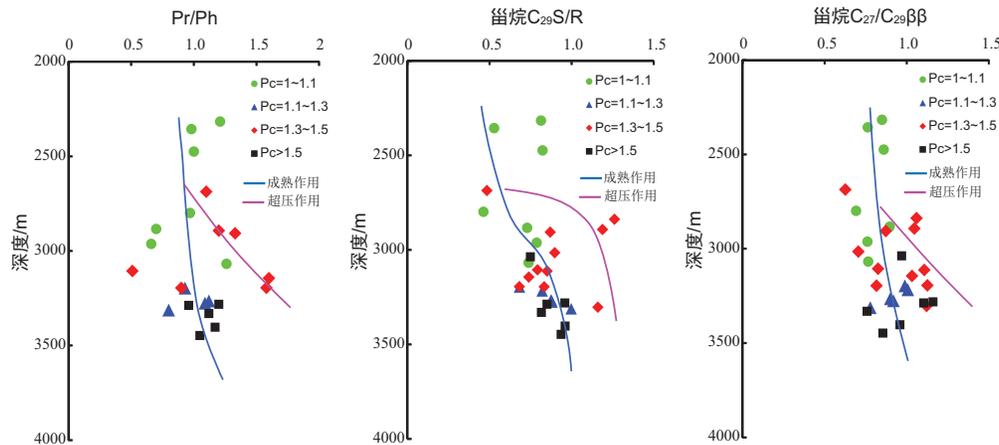


图2 沙三段地化参数随深度及压力系统变化

Fig. 2 Variation of geochemical parameters along with depth and pressure systems in Es3

表3 异常高压区对应的地球化学参数范围

Table 3 Rang of geochemical parameters corresponding to abnormally high pressure

层位	C ₂₉ S/R	甾烷 C ₂₇ /C ₂₉ ββ	Pr/Ph
沙三段	0.6~1.0	>0.8	>1.0
沙四段	0.6~1.0	>0.7	>0.35

变化相对敏感，异构组分比因碳数相同变化的敏感性较差，因此 C₂₉S/R 在压力变化时可能更为稳定，是区分异常高压区的主要参数，而轻/重比则可作为参考。

3 成藏期异常压力发育范围

根据甾烷 C₂₉S/R、轻/重比等参数确定的成藏期异常压力发育范围并与现今异常压力分布范围进行对比，以东营凹陷为例，选择典型剖面及压力发育层系，从空间上对比进一步明确压力结构的变化。草古1—盐201剖面穿过牛庄洼陷和民丰洼陷（图3），两洼陷中间由中央隆起带分隔。现今超压带主体位于深洼区，从剖面上看，在牛庄洼陷大致位于王70—辛170之间，在民丰洼陷大致位于辛斜146—丰深1之间，各深洼区具有统一的超压系统，向洼陷边缘地层压力逐渐过渡为常压区。超压主要发育在沙三中—沙四上层段，为典型的单超压系统，向上从沙二段开始地层压力逐渐过渡为常压，向下从沙四下压段逐渐过渡为常压。该剖面中油藏地化参数的大小以柱形线长短标示，根据表3圈出成藏期异常压力发育区，该发育区在牛庄洼陷向南坡、民丰洼陷向北坡有较大

延伸，均可波及到2000 m附近的浅部，在层位上局限在Es3段以下，值得注意的是牛庄洼陷南坡异常压力可以大范围传递到孔店组，孔店组储层烃类部分来源于沙四段（王茹等，2012；李素梅等，2005），由于断裂活动导致深层沙四段烃源岩与下伏孔店组地层对接，深层沙四段烃源岩所生烃进入孔店组地层的同时也必然存在着压力传递。该区王100井孔店组地层（2000 m±）发现的沸腾包裹体显示在Nm—Q成藏期具备异常高的压力系数（黎萍，2014）。两洼陷靠近中央隆起带现今异常高压区相距不远，古压力的发育则向中央隆起带连为一体，且从纵向上向浅部波及到2000 m附近，说明中央隆起带在成期异常压力较为活跃，存在大范围超压分布。

沙四段地层是东营凹陷异常压力多发育层段（图4），利津洼陷和牛庄洼陷现今超压分布区域大，其中利津洼陷大部分区域都有超压分布，牛庄洼陷多分布于中心部位及东西两侧，博兴洼陷分布区域则较小，集中在中部区域。沙四储层样品地球化学参数显示了沙四段地层平面古压力发育范围（图4以C₂₉S/R为例），凹陷北部利津洼陷北坡胜坨地区现今异常压力区和历史发育区较为接近，但民丰洼陷向外围有一定延伸。在凹陷南部的牛庄洼陷南坡历史发育范围也大于现今压力的分布范围，向外围有所延伸。西南部博兴洼陷历史超压发育区和现超压发育区较为接近。本次所述沙四段异常压力的发育范围与计算的明化镇组沉积末期沙四段上亚段烃源岩剩余压力大致范围较为一致（张守春等，2010）。

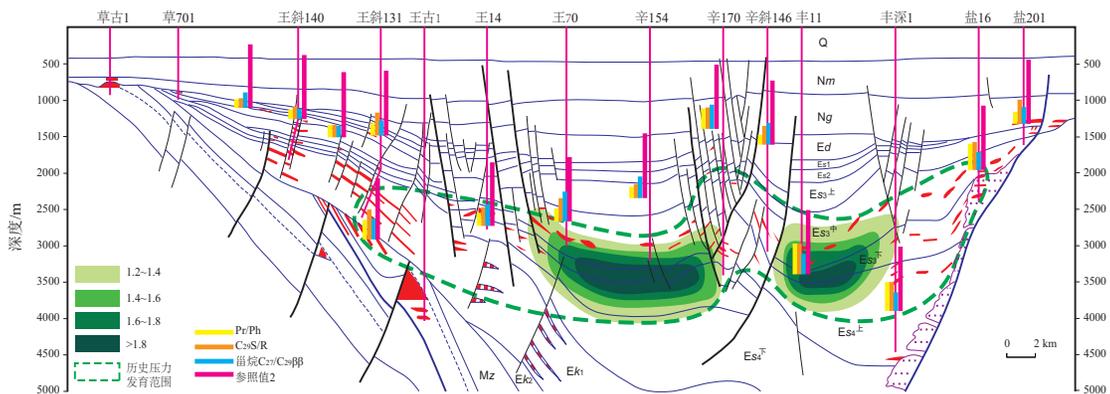


图3 草古1—盐201剖面现今压力和成藏期压力波及范围对比

Fig. 3 Comparison of abnormally high pressure between the present scope and the influencing scope during reservoir formation in the section of Wells Caogu 1-Yan201

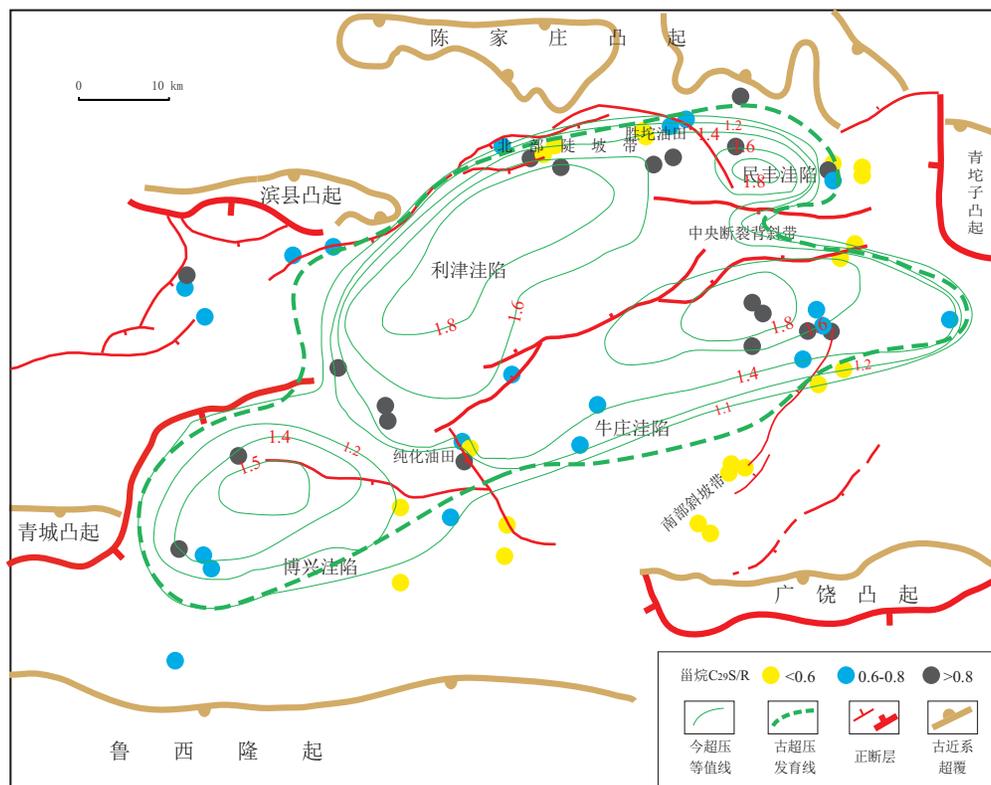


图4 东营凹陷平面沙四段现今压力和成藏期压力波及范围对比

Fig. 4 Planear comparison of abnormally high pressure between the present scope and the influencing scope during Es4 reservoir formation in the Dongying sag

沙四段地层的分析表明, 洼陷中心异常压力较发育, 在斜坡带趋于衰减, 在断裂带靠近洼陷中心的一侧多为现今压力的发育范围, 而在断裂带偏向洼陷边缘的一侧多见古异常压力波及区。这归因于断层输导, 高压含烃流体迅速上涌, 相应组分特征向上扩展, 在高压消减后部分特征得以保存。故古压力的发育范围与现今压力重合的区域多位于洼陷中心, 发生偏移的区域一般位于断阶带附近, 如牛庄洼陷南坡的王家岗断裂带、博兴洼陷南坡的博兴断裂带、利津洼陷西侧及南坡的梁家楼断裂带历史超压波及区较大, 北部陡坡带的胜北大断裂及中央隆起带两侧的断裂带也存在一定面积的历史超压波及区, 但相对南坡地区要小一些。这些断阶带也基本上与压力过渡带重合。

压力发育范围不同程度的偏移, 反映了不同时期高压流体充注方向的差异, 也即说明油气运移方向不断变化。这一现象对成藏具有重要的意义, 一些区域古超压的范围远大于现今超压分布, 超压波及范围大, 能较快将油气输送到低压

区, 有利于向更远的凹陷边缘区运移。

4 结论

(1) 东营凹陷压力系统分为三类压力区, 深部以欠压实、生烃增压为主的复合超压区 (> 1.4)、中部以欠压实为主的压力过渡区(1.06~1.4)、浅部以静水压力为主的常压区(0.9~1.06)。压力区的分布受构造和断裂影响较大。

(2) 不同压力系统甾烷 $C_{29}S/R$ 、轻/重比等参数具有规律性的变化特征。在超压区内不同的压力系数区间也有不同程度的变化, 与成熟度变化趋势相比有明显偏移, 表明地球化学特征与超压发育存在关联。

(3) 根据甾烷 $C_{29}S/R$ 、轻/重比等参数与压力特征之间的关系, 可以很好地预测成藏期异常压力的发育范围。东营凹陷古压力的波及范围与现今压力重合的区域多位于洼陷中心, 发生偏移的区域一般位于断阶带附近, 与油气运移和成藏的主体方向基本一致, 研究结果对有利勘探目标区的优选提供了很好的依据。

参考文献 (References):

- 包友书, 张林晔, 张守春, 等. 2009. 东营凹陷油气资源相态类型分布规律[J]. 石油学报, 30(4): 530-535.
- 陈中红, Moldowan J M, 刘昭茜. 2012. 东营凹陷生物降解稠油甾烷分子的选择蚀变[J]. 地球科学进展, 27(10): 1108-1114.
- 李素梅, 庞雄奇, 邱桂强, 等. 2005. 东营凹陷王家岗孔店组油气成因解析[J]. 沉积学报, 23(4): 726-733.
- 黎萍. 2014. 山东东营凹陷幕式成藏的流体包裹体证据[J]. 地质学刊, 38(1): 17-24.
- 刘华, 蒋有录, 蔡东梅, 等. 2006. 东营凹陷古近系原油物性及其影响因素[J]. 油气地质与采收率, 13(3): 8-11.
- 王建伟, 宋国奇, 宋书君, 等. 2007. 油气二次运移的驱动机制转换及其石油地质学意义——以牛庄洼陷及其南缘为例[J]. 地质学报, 81(10): 1423-1431.
- 王茹, 李江海, 徐兴友, 等. 2012. 东营凹陷古近系红层油气来源及勘探潜力分析[J]. 天然气地球科学, 23(6): 989-995.
- 徐兴友. 2012. 东营凹陷含烃流体驱动过程中的地球化学效应[J]. 海洋地质与第四纪地质, 32(6): 159-164.
- 郑和荣, 黄永玲, 冯有良. 2000. 东营凹陷下第三系地层异常高压体系及其石油地质意义[J]. 石油勘探与开发, 27(4): 67-70.
- 张林晔, 刘庆, 张春荣. 2005. 东营凹陷成烃与成藏关系研究[M]. 北京: 地质出版社: 49-63.
- 张守春, 张林晔, 查明, 等. 2010. 东营凹陷压力系统发育对油气成藏的控制[J]. 石油勘探与开发, 37(3): 289-296.
- 张善文, 张林晔, 张守春, 等. 2009. 东营凹陷古近系异常高压的形成与岩性油藏的含油性研究[J]. 科学通报, 54(11): 1570-1578.
- Carpenter B, Ungerer P, Kowalewski I, et al. 1996. Molecular and isotopic fractionation of light hydrocarbons between oil and gas phases [J]. Organic Geochemistry, 24(12): 1115-1139.
- vanGraas G W, Gilje A E, Isom T P, et al. 2000. The effects of phase fractionation on the composition of oils, condensates and gases [J]. Organic Geochemistry, 31(10): 1419-1439.

《高校地质学报》征稿简则

本刊是向国内外公开发行的地球科学类综合性学术刊物,主要刊登地球科学领域以基础理论研究为主的学术论文(包括评述性论文)、不同学术观点争鸣论文、科研动态报道以及先进方法研究论文等,及时报道反映当代地球科学水平的科研成果。

为了保证刊物的高质量出版,现对论文来稿的要求、格式及规范等统一作如下要求。

正文 以客观事实反映在相关领域研究中所取得的新进展。其论点明确、论据充分可靠;文笔通顺、精练,结论客观可靠。主要研究材料和观点未被发表或同时他投。研究材料或数据应注明获取的地点、方法、条件及误差范围等。每篇论文最好控制在1.5万字以内(含图、表)。

摘要 以第三人称简要报道论文的研究目的、方法、结果和结论等实质性研究内容,无需评述性内容(评述性论文需阐明新观点)。给出4~6个关键词。为了加强国际间学术交流,英文摘要要求与中文摘要内容对应;篇幅不少于0.5印刷版,约300~400单词。

图表 图名和表名需有相应的英译文;图件必须线条圆滑、字符清晰,请选用Arial和细黑字体,字号大小按层次选在5~6号之间;计算机绘图请采用cdr矢量图,并请建立该格式的专门图件文件夹传送。

参考文献 著录格式采用“作者·出版年”制,正文中引用的所有文献、资料(包括图、表及数据等),请注明出处并在文后参考文献表中全部列出。参考文献表按先中文后英文编排,并且按照文献的第一作者姓氏首字母(或汉语拼音发音)A-Z顺序排序。参考文献只列文中引用公开出版的文献,非正式出版物或待刊类文献应放在引用当页脚注内。

每条文献的文题后用方括号标注文献类型,如:杂志用[J],论文集及析出文章用[G],专著用[M],学位论文用[D]等。参考文献的详细格式请参照本刊2017年刊出的文章。

首页脚注 请注明:1)文章资助项目来源和编号;2)第一作者和通讯作者简介,包括姓名,性别,出生年,职称,研究方向或所学专业,电子信箱。

投稿 需承诺来稿的唯一性。首次投本刊的作者请先注册,然后按照提示把文章的标题、作者单位、联系方式等内容详细录入;已经注册过的用户可直接输入用户名和密码登录,并根据投稿提示逐步完成投稿程序。

作者投稿前务请参照本刊最新文章格式准备好稿件,对不符合本刊格式的稿件,编辑部将先退作者修改,待格式合格后方考虑送审。另外,投稿时请作者提供与稿件内容相关的4位非本单位专家作为备选审稿人。

审稿 编辑部自收到稿件并初审后,即送相关同行专家评审。一般情况下,3个月内作者未收到编辑部对稿件处理意见的通知时,可自行处理,有约定者除外。

录用 来稿通过评审并决定录用后,本刊将及时反馈作者。收到录用修改通知的稿件,作者应在30天内将修改稿件、修改说明和cdr图件一并上传。作者不可单方面改变稿件去向,或将文章主要观点和数据再发表。

录用定稿网络首发 为了全面提高学术论文的传播效率和利用价值,本刊现已与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司(简称电子杂志社)签署《CAJ-N网络首发学术期刊合作出版协议》,通过《中国学术期刊(网络版)》(CAJ-N)正式出版本刊网络版。从2017年11月20日起,凡经审定录用的稿件(录用定稿)均将首先在本刊网络版上首发,后视编排情况发布排版定稿和整期汇编定稿,最后由本刊印刷版出版。

为规范录用定稿发布版式,本刊对网络首发稿件的排版格式作如下规定:来稿为Word格式,条目齐全,论文题目采用3号黑体字,作者、作者单位、摘要、参考文献等使用小5号宋体字,正文中一级标题使用4号宋体字,其他标题及正文文字采用5号宋体字,通栏版式,单倍行距,图表清晰,照片像素不低于300 dpi。录用定稿网络首发之后,在后续的排版定稿、整期汇编定稿网络版和印刷版中,不得修改论文题目、作者署名、作者单位以及其学术内容,只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

《中国学术期刊(网络版)》(CAJ-N)是国家新闻出版广电总局批准创办、国家教育部主管、清华控股有限公司主办、《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司出版的由我国各类学术期刊组成的连续型网络出版物,每篇网络首发论文将被赋予一个唯一的国际DOI编码,而且在版本变动中,其DOI维持不变。按国家有关网络连续型出版物管理规定,网络首发论文视为正式出版论文,论文作者可以从“中国知网”下载或打印论文和证书,作为正式发表的论文提交人事、科研管理等有关部门。

著作权约定 文章发表后文稿的著作权属于作者,版权归本刊编辑部,如果不同意其他数据库等转载、收录其文章的,请在来稿时声明。

退稿 对未录用的稿件编辑部将简述理由,原稿不再返回。

发表 文章发表后,本刊将向作者收取一定的发表费,并支付适当稿酬(包括电子版等其它形式出版的稿酬),同时赠送当期印刷刊物。

竭诚欢迎海内外专家、学者赐稿!

通信地址:江苏省南京市栖霞区仙林大道163号南京大学朱共山楼317室

网 址: <http://geology.nju.edu.cn>

电子信箱: gxdzh@nju.edu.cn

联系电话: 025-83594340