

引用格式:何文渊,冯子辉,张金友,等.松辽盆地北部古龙凹陷古页8HC井地质剖面特征[J].油气藏评价与开发,2022,12(1):1-9.

HE Wenyuan, FENG Zihui, ZHANG Jinyou, et al. Characteristics of geological section of Well-GY8HC in Gulong Sag, Northern Songliao Basin[J]. Petroleum Reservoir Evaluation and Development, 2022, 12(1): 1-9.

DOI:10.13809/j.cnki.cn32-1825/te.2022.01.001

松辽盆地北部古龙凹陷古页8HC井地质剖面特征

何文渊^{1,2,3},冯子辉^{2,3},张金友^{2,3},白云风^{2,3},付秀丽^{2,3},赵莹^{2,3},程心阳^{2,3},高波^{2,3},刘畅⁴

(1.中国石油大庆油田有限责任公司,黑龙江大庆163002;2.中国石油大庆油田有限责任公司勘探开发研究院,黑龙江大庆163712;3.黑龙江省陆相页岩油重点实验室,黑龙江大庆163712;4.中国石油勘探开发研究院,北京100083)

摘要:为弄清古龙页岩储层的岩性、物性及脆性等特征,在古龙凹陷部署了一口全井段取心井——古页8HC井。岩心精描以及元素分析表明,Q1—Q9油层沉积时期,古龙凹陷沉积微相类型主要为半深湖—深湖相,发育了厚层的富有机质页岩,可细分为4种岩性:页岩、粉砂岩、介壳灰岩以及白云岩。按照“构造+岩性”的划分原则,结合岩性含量特征,将岩相划分成4类:纹层状页岩相、夹层状页岩相、块状白云岩相及块状粉砂岩相。古沉积环境为温暖潮湿气候下的淡水—微咸水+弱物源+强还原环境,为有机质形成与保存提供了良好的场所。通过对储集性、含油性以及可压性3项指标综合评价可知,Q1—Q3油层储集空间类型丰富,物性条件好,含油性优越,可压性能满足页岩油施工要求,是目前大庆油田中高熟页岩油勘探的最有利层段。

关键词:地质剖面;沉积相;古页8HC井;古龙凹陷;四川盆地

中图分类号:TE122

文献标识码:A

Characteristics of geological section of Well-GY8HC in Gulong Sag, Northern Songliao Basin

HE Wenyuan^{1,2,3}, FENG Zihui^{2,3}, ZHANG Jinyou^{2,3}, BAI Yunfeng^{2,3}, FU Xiuli^{2,3}, ZHAO Ying^{2,3},
CHENG Xinyang^{2,3}, GAO Bo^{2,3}, LIU Chang⁴

(1. Daqing Oilfield Co., Ltd., CNPC, Daqing, Heilongjiang 163002, China; 2. Exploration and Development Research Institute of Daqing Oilfield Co., Ltd., CNPC, Daqing, Heilongjiang 163712, China; 3. Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Continental Shale Oil, Daqing, Heilongjiang 163712, China; 4. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to study the lithology, property and brittleness of Gulong shale reservoir, a whole-section coring well, Well-GY8HC, is deployed in Gulong Sag. Detailed core description and element analysis show that the sedimentary microfacies in Gulong Sag are mainly semi-deep to deep lacustrine facies during the sedimentary period of Q1 to Q9 reservoirs, with thick organic-rich shale developed and can be subdivided into four types of lithology which are shale, siltstone, shell limestone and dolomite. Based on the classification principle of “structure+lithology” and combined with the lithology content characteristics, the lithofacies are divided into four types which are laminated shale, intercalated shale, massive dolomite and massive siltstone. The paleo-sedimentary environment is fresh water-brackish water+weak provenance+strong reduction in warm and humid climate, providing favorable place for organic matter formation and preservation. Comprehensive evaluation of three indexes of reservoir capacity, oil-bearing property and fracability shows that several reservoir space types of Q1 to Q3 reservoirs with good physical property, excellent oil bearing property and efficient fracability for shale oil production, being the most favorable interval for medium and high mature shale oil exploration in Daqing Oilfield.

Keywords: geological section; sedimentary facies; Well-GY8HC; Gulong Sag; Sichuan Basin

收稿日期:2021-12-10。

第一作者简介:何文渊(1974—),男,博士,教授级高级工程师,主要从事油气发展战略、油气勘探及评价工作。地址:黑龙江省大庆市让胡路区龙南大庆油田有限责任公司,邮政编码:163002。E-mail: hewy@cnpc.com.cn

通信作者简介:白云风(1977—),男,博士,高级工程师,主要从事非常规油气勘探研究。地址:黑龙江省大庆市让胡路区科学路18号大庆油田有限责任公司勘探开发研究院,邮政编码:163712。E-mail: byf198407@163.com

基金项目:黑龙江省“百千万”工程科技重大专项“松辽盆地北部古龙页岩油成藏条件及甜点分布规律研究”(2020ZX05A01)。

近年来,页岩油作为常规油气比较现实的接替领域,越来越受到世界各大石油公司的重视。北美地区已经率先在页岩油气勘探开发方面取得突破^[1-4],尤其是美国的页岩油产量迅速增加,改变了美国油气资源的格局,据EIA(美国能源信息署,U.S. Energy Information Administration)统计,全球页岩油技术可采储量可达 $4.86 \times 10^{10} \text{ t}^{[5-6]}$,广阔的发展前景吸引了越来越多的石油公司开始转向页岩油的勘探开发领域。

随着中国页岩油气研究程度加深,勘探不断获得突破,目前已在松辽盆地(青山口组)、鄂尔多斯盆地(延长组)、渤海湾盆地(沙河街组)、南襄盆地(核桃园组)、准噶尔盆地(芦草沟组)等湖相盆地中,不同程度地获得了页岩油的工业油流。松辽盆地北部页岩层厚度大、分布广泛,有机质丰度高,具备优越的页岩油发育地质条件,但由于开展页岩油勘探研究较晚,目前在页岩油的勘探理论研究及实践应用方面还存在不足。在古龙凹陷古页8HC井青山口组岩性精描成果的基础上结合理论研究,对页岩岩性特征、组合规律分析等方面加以探讨,以期今后松辽盆地页岩油的勘探研究提供技术支持。

1 研究区地质背景及剖面描述

1.1 区域地质背景

青山口组沉积时期,松辽盆地处于裂后热沉降阶段,构造相对稳定,断裂活动规模小,湖盆持续下沉。古龙凹陷位于松辽盆地北部,其东西两侧分别为大庆长垣和龙虎泡—大安阶地,面积为 $3\,700 \text{ km}^2$,是一个中生代—新生代断陷—拗陷复合盆地。钻井数据揭示中生界自下而上沉积了白垩系、古近系、新近系和第四系,纵向上以中、下部含油气组合为主要目的层,包括萨尔图、葡萄花、高台子、扶余和杨大城子5个含油层系(图1)。

古龙地区上白垩统青山口组和嫩江组沉积期两次大规模水进沉积的巨厚泥页岩构成了该区主要的页岩油气层系。其岩性主要为大套厚层灰黑色、黑色泥页岩以及油页岩,中间夹有泥晶白云岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩及介壳灰岩,含有大量介形虫、叶肢介及植物碎屑化石。古龙凹陷青山口组页岩层厚度大、分布范围广、有机质丰度高,具备形成页岩油气的物质基础,是松辽盆地页岩油最有利的勘探靶区。

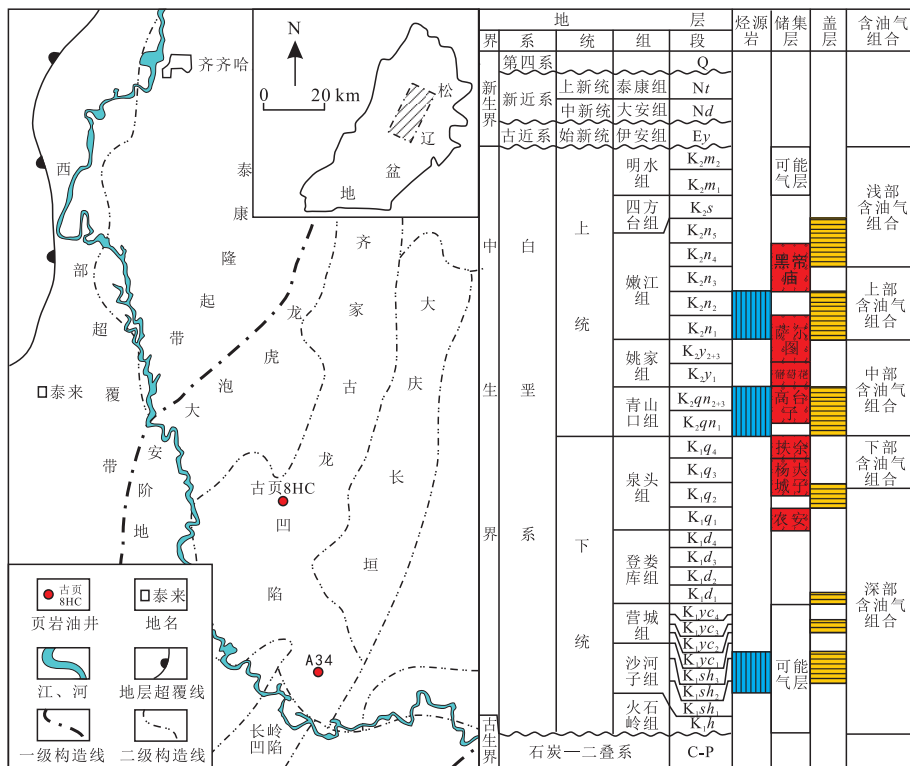


图1 松辽盆地北部区域构造及页岩油赋存层系图

Fig. 1 Regional structure and shale oil reservoir system in Northern Songliao Basin

1.2 古页8HC井岩性剖面描述

古页8HC井位于黑龙江省大庆市杜尔伯特蒙古族自治县他拉哈镇布拉和村西约1.5 km,构造上位于古龙地区北部凹陷偏西部位,是古龙页岩油全井段取心井,对于分析该区域页岩的地层、有机质丰度及储层物性具有重要意义。全井段采用1 m取样间隔进行岩心精描和取样分析。岩心精描显示:青一、二段处于半深湖—深湖相沉积,页岩厚度约215 m,岩性以黑灰色页岩为主,累计厚度占比可达93.4%,以黏土质长英页岩为主,中间夹有1~30 cm薄层泥质白云岩、介屑灰岩及含钙粉砂岩,累计厚度占比达6.6%。按照岩性及其组合特征,将古龙页岩油发育的主力层段(青一段及青二段下部)划分为9个油层组(图2)。

上覆地层为上白垩统青山口组II 2段(K_1qn^{2-2}),灰色、灰黑色厚层纹层状页岩,夹薄层白云岩及粉砂岩。

Q9油层组:2 397.60~2 419.00 m,半深湖相,以灰黑色页岩为主,夹有砂质纹层和介形虫纹层,层面见大量介形虫,见粉砂质泥岩夹层,层面见炭屑和叶肢介化石,页理缝密度为555条/m。

Q8油层组:2 419.00~2 435.19 m,半深湖相,以灰黑色页岩为主,发育砂质纹层和介形虫纹层,纹层以断续变形厚2~3 mm和较平直厚1~2 mm为主,变形较强的3~5 mm纹层次之,见粉砂质泥岩和介形虫灰岩夹层,层面见大量炭屑和叶肢介化石,页理缝密度为775条/m。

Q7油层组:2 435.19~2 455.80 m,半深湖—深湖相,以灰黑色页岩为主,发育砂质纹层,纹层以断续变形厚2~3 mm和较平直厚1~2 mm为主,变形较强的3~5 mm纹层次之,见较纯页岩,页理缝发育,夹粉砂质泥岩和泥质粉砂岩薄层,层面见大量炭屑,见白云石结核,页理缝密度为725条/m。

Q6油层组:2 455.80~2 470.40 m,半深湖相夹细粒重力流沉积,以较纯页岩为主,见砂质纹层,页理缝较发育,夹粉砂质泥岩和泥质粉砂岩薄层,层面见大量炭屑,见白云石结核,页理缝密度为780条/m。

Q5油层组:2 470.40~2 481.00 m,半深湖—深湖相,以页理缝发育的纯页岩为主,发育砂质纹层,纹层较平直,厚1~2 mm,层面见介形虫,见白云石结核,含有物以炭屑为主,页理缝密度为820条/m。

Q4油层组:2 481.00~2 493.40 m,半深湖相,以较纯页岩为主,发育砂质纹层,纹层厚度较平直,厚1~2 mm,见页理缝发育的纯页岩,层面见大量介形虫,见白云石结核,页理缝密度为1 100条/m。

Q3油层组:2 493.40~2 506.80 m,半深湖—深湖相,以灰黑色页岩为主,发育介形虫纹层,以较平直的1~2 mm为主,层面见大量介形虫,夹薄层介形虫灰岩,页理缝密度为1 200条/m。

Q2油层组:2 506.80~2 518.60 m,半深湖—深湖相,以较纯页岩为主,少量发育纹层,以较平直的1~2 mm纹层为主,层面见大量介形虫,发育3~10 cm白云石结核,页理缝密度为1 250条/m。

Q1油层组:2 518.60~2 533.20 m,半深湖相为主,夹多期重力流沉积,岩性以灰黑色页岩为主,中间夹有灰白色介形虫纹层,以较平直的1~2 mm为主,层面见大量介形虫,夹薄层介形虫灰岩,底部砂质纹层发育,页理缝密度为1 100条/m。

下伏地层为下白垩统泉头组四段(K_1q^4),灰色、灰白色粉砂岩及细砂岩,夹有灰绿色薄层泥质粉砂岩,具小型槽状交错层理。

该剖面岩性以页岩为主体,含量占90%以上,除页岩以外,还有粉砂岩、介壳灰岩和白云岩3种类型岩性,介壳灰岩含量极少。受古物源、古气候等环境因素影响,古龙页岩矿物纹层非常发育,古龙页岩密集发育石英、方解石、白云石及黄铁矿等细粒纹层,纹层厚度小于1 cm,纹层展布形态较为平直,各类纹层之间一般呈突变接触,不同纹层之间矿物成分存在明显差异,导致各类纹层的力学性质相差较大,纹层类型及规模也是古龙页岩储层脆性特征的重要评价指标之一。

古龙页岩形成于淡水—微咸水、温暖潮湿、强还原、欠补偿的古沉积环境,造成该时期页岩中有机质富集,为松辽盆地北部中浅层页岩油提供了丰富的物质基础(表1)。

2 古页8HC井Q1—Q9油层岩相分析

国内各含油气沉积盆地的岩相划分方案都以各自盆地的沉积背景为基础,结合有机质发育及沉积构造特征而制定。吴靖等^[5]立足于岩性特征,结合有机质含量、沉积构造及矿物成分,对东营凹陷沙河街组四段上亚段进行了岩相类型的划分;赵建华等^[6]、

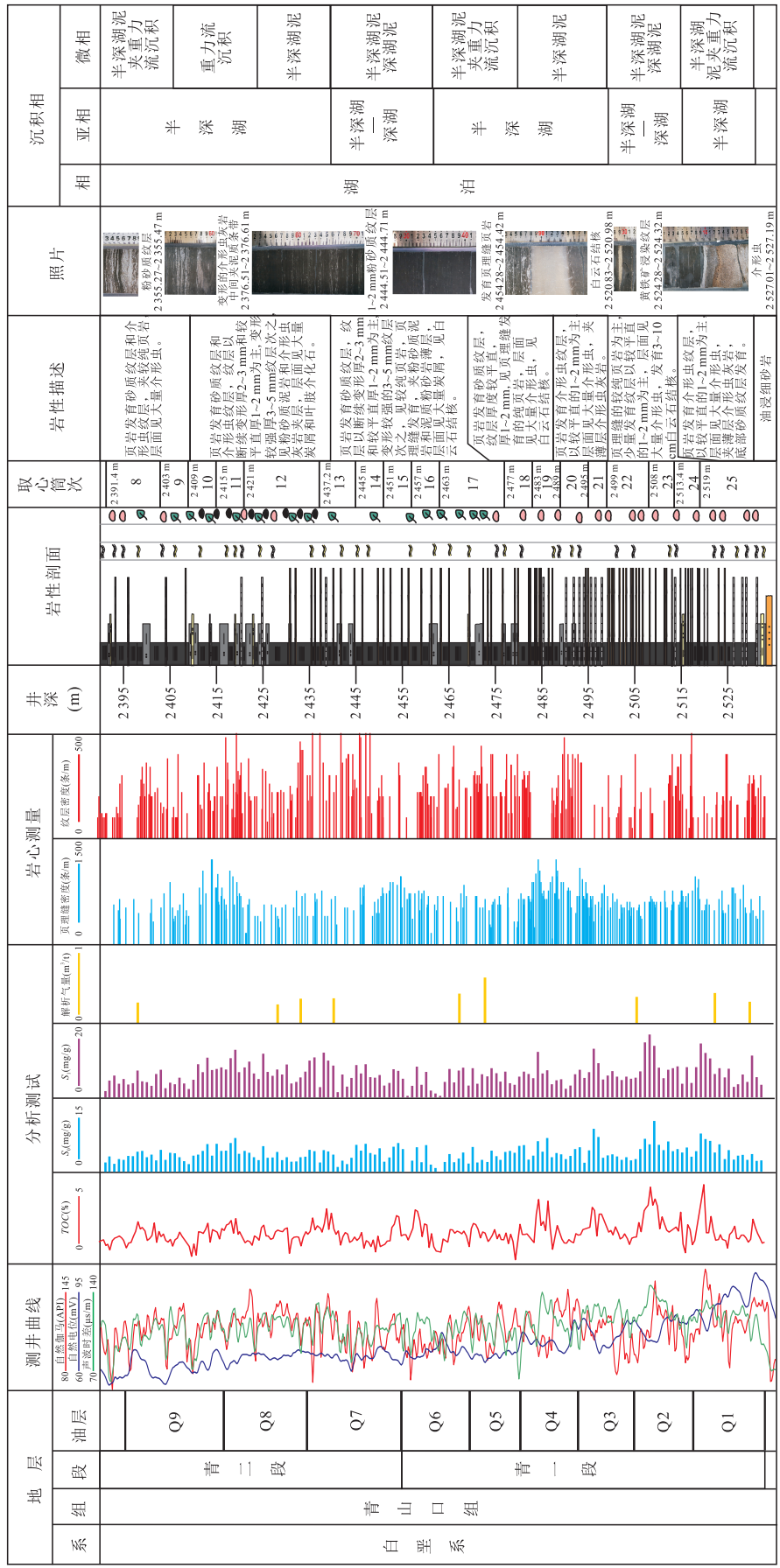


图2 古页8HC井Q1—Q9油层岩心精描综合柱状图
Fig. 2 Comprehensive column of core fine drawing of Q1 to Q9 oil layer of Well-GY8HC

注: TOC为总有机碳含量; S₁为游离烃; S₂为气态烃。

表1 古页8HC井Q1—Q9油层地质特征
Table 1 Statistic of geological characteristics of Q1 to Q9 oil layer of Well-GY8HC

指标油层	长英质 (%)	黏土矿物 (%)	碳酸盐岩 (%)	TOC(%)			游离烃 S_1 (mg/g)			有效孔隙度(%)		
				最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值
Q1油层	40	40	20	1	5	1.8	3	12	6.5	2.8	8.8	6.1
Q2油层	50	40	10	1	5	2	3	10	5.7	4.9	10.1	7.3
Q3油层	50	38	12	1	4	1.9	3	10	6.2	6.7	11.2	8.1
Q4油层	45	35	20	1	4	1.9	3	12	5.3	3.5	11.1	7.2
Q5油层	52	40	8	1	3	1.5	3	10	4.6	3.8	9.0	6.1
Q6油层	50	35	15	1	3	1.5	2	8	4.1	4.7	12.0	7.1
Q7油层	45	30	25	1	4	1.6	3	10	4.8	6.0	10.9	8.7
Q8油层	52	36	12	1	3	1.6	3	10	5.2	7.7	11.9	9.5
Q9油层	58	34	8	1	3	1.4	3	9	4.8	7.1	11.6	9.0

吴蓝宇等^[7]以“矿物成分+岩性”为主要标准,划分了四川盆地涪陵气田五峰组——龙马溪组页岩岩相类型,并优选了其中的优势岩相,分析了岩相与沉积环境之间的关系;王勇等^[8]则以“有机质+沉积构造+矿物成分+岩性”为标准,对渤海湾盆地济阳坳陷的泥页岩岩相进行精细划分;金成志等^[9]以岩性精描结果为基础,结合地化分析数据,建立了松辽盆地青山口组细粒沉积岩岩相分类方案,应用在古龙页岩油的勘探研究工作中;张顺等^[10]、杨万芹等^[11]、马义权等^[12]按照不同标准建立了东营凹陷泥页岩岩相划分方案;陈科洛等^[13]建立了滇黔北坳陷岩相划分方案;柳波等^[14-15]建立了松辽盆地岩相划分方案。

岩相分析涵盖了岩性特征、地化指标、矿物组分、沉积构造等信息,是一项综合性工作。以古页8HC井Q1—Q9油层岩心精描为基础,重点分析各类岩相的地质特征。结合微观分析资料,划分岩相类型。

2.1 岩相标志

任何能反映沉积环境因素的岩石学及有机地球化学标志均可作为岩相的划分依据和标志。岩相标志是由特殊的环境因素所决定的,并与特殊的沉积背景有关。因此,岩相划分依据必须能区别岩相之间的差异,便于探讨沉积环境及其成因。

2.1.1 标本颜色

标本颜色是沉积岩相最直观、最醒目的特征之一,常常与各类岩相形成的古沉积环境形成紧密联系。古页8HC井Q1—Q9油层的页岩颜色较为均一,

主要是灰黑色,局部发育的薄层粉砂岩和白云岩则以灰色和灰白色为主。该种颜色表明古页8HC井区的青一段和青二段下部沉积时期,主要为还原—强还原环境,有利于有机碳形成与富集。同时也表明陆源碎屑输入对本井区的影响较小。

2.1.2 矿物组分

岩性组合上看,以灰黑色页岩为主,间夹粉砂岩及白云岩纹(夹)层,还有少量介壳灰岩纹层。X衍射全岩矿物分析表明,页岩储层脆性矿物含量平均在40%左右。纵向上长英质矿物含量变化不大,局部碳酸盐矿物富集。页岩储层富含长英质矿物、自生碳酸盐矿物增加了储层脆性,但长英质与黏土互层结构和高黏土含量,导致储层脆性程度中等。

2.1.3 沉积构造

古页8HC井Q1—Q9油层页岩宏观构造较为稳定,以平直层状构造为主。页理缝较为发育,岩心碎裂呈成书页状,开裂的页理缝面平直。薄层粉砂岩受液化侵入作用影响,基本上都呈现以液化砂脉为典型代表的花纹状、条带状及团块状。白云岩则呈现薄层状和透镜状两种形态。

页理缝是古龙页岩储层的重要储集空间类型,一直是勘探开发研究中的重点关注目标。古页8HC井Q1—Q9油层页理缝总体上顺页理发育,但形状不规则,多呈波浪状、豆芽状等形态较复杂的曲线状,在三维上是形态复杂的曲面。页理缝侧向延续性差,时断时续,忽有忽无。页理缝的面多具有摩擦镜

面、摩擦光面及其他具有滑动移动构造。

2.2 岩相类型

由于古页8HC井处于松辽湖盆沉积中心,因此,介形虫等生物发展受到抑制,导致介壳灰岩含量较少。按照“构造+岩性”岩相划分标准,将古页8HC井Q1—Q9油层的岩相划分成4类:纹层状页岩相、夹层状页岩相、块状白云岩相及块状粉砂岩相(表2)。

Q1—Q3油层沉积时期对应于松辽盆地首次大规模湖侵时期。此时湖盆急剧扩张,研究区内半深湖—深湖相沉积占据明显优势,沉积了巨厚的纹层状页岩;Q4—Q6油层处于沉积基准面下降时期,湖区面积缩小,物源体系供给力度增强,区内岩相类型以夹层状页岩相占主体;Q7—Q8油层仍然发育夹层状页岩相,在古页8HC井区发育较为局限的纹层状

页岩相,块状粉—细砂岩相仅在古龙凹陷西侧带呈条带状发育(图3)。

3 沉积环境分析

松辽盆地在白垩纪总体上属亚热带气候,气温较高,青山口组沉积时期,水深大,湖水分层显著,深湖区湖底温度季节性变化很小,平均水深在30 m以上,最大水深在70 m以上。湖水下部的变温层空间,四季分明,为水生生物的发育提供了宽阔的场所,既有利于大多数浮游生物的繁衍,又有利于水生层状藻类发育。湖水下部的恒温层,水体安静,水温基本常年不变,上下水体交换不畅,形成缺氧环境,有利于有机质的保存。

古页8HC井青山口组沉积环境整体为半深湖—

表2 古页8HC井Q1—Q9油层岩相类型
Table2 Lithofacies type of Q1—Q9 oil layer of Well-GY8HC

岩相类型	矿物组分	沉积构造	有机质特征
纹层状页岩相	$V_{sh} > 45\%$; $V_{ca} < 20\%$; $V_{sa} < 30\%$	页理发育,纹层不发育,仅偶见黄铁矿纹层和长英质纹层,厚度小于0.1 cm	$TOC \geq 2.5\%$
夹层状页岩相	V_{sh} 约35%~45%; $V_{ca} < 10\%$; V_{sa} 约40%~50%	页理发育,纹层发育,厚度小于1 cm	$TOC \geq 2\%$
块状粉砂岩相	$V_{sh} < 10\%$; $V_{ca} < 5\%$; $V_{sa} > 80\%$	块状层理或者脉状层理,岩性为纯粉砂岩或者粉砂岩夹薄层的泥岩脉	$TOC < 0.5\%$
块状白云岩相	$V_{sh} > 10\%$; $V_{ca} > 70\%$; $V_{sa} < 15\%$	页理与纹层均不发育,外观呈薄层状或透镜状	$1\% \leq TOC < 2\%$

注: V_{sh} 为黏土含量,%; V_{ca} 为碳酸盐含量,%; V_{sa} 为长石、石英含量,%。

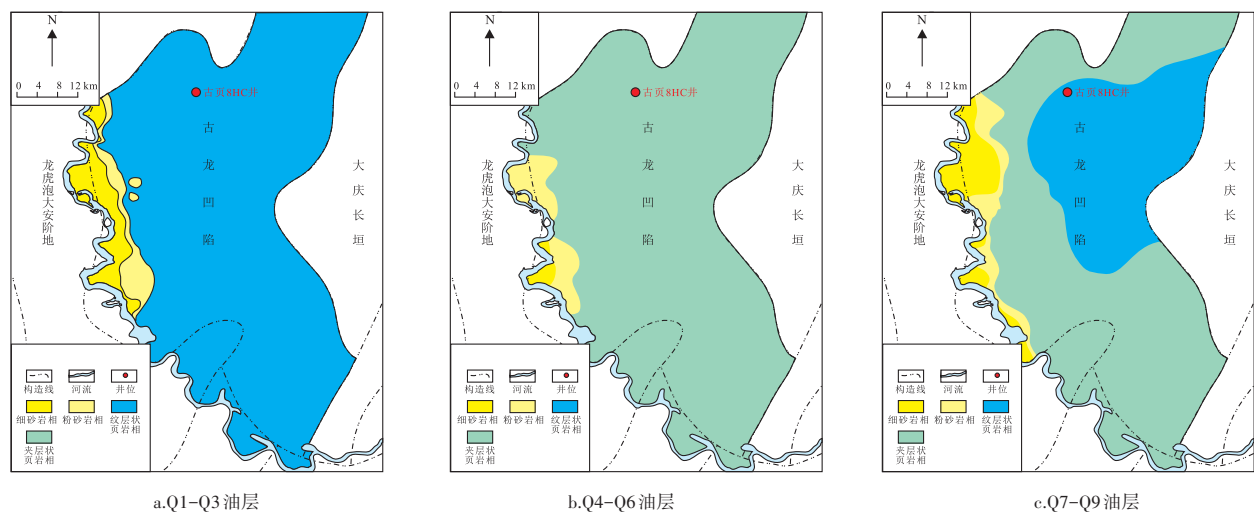


图3 古龙凹陷Q1—Q9油层岩相平面分布

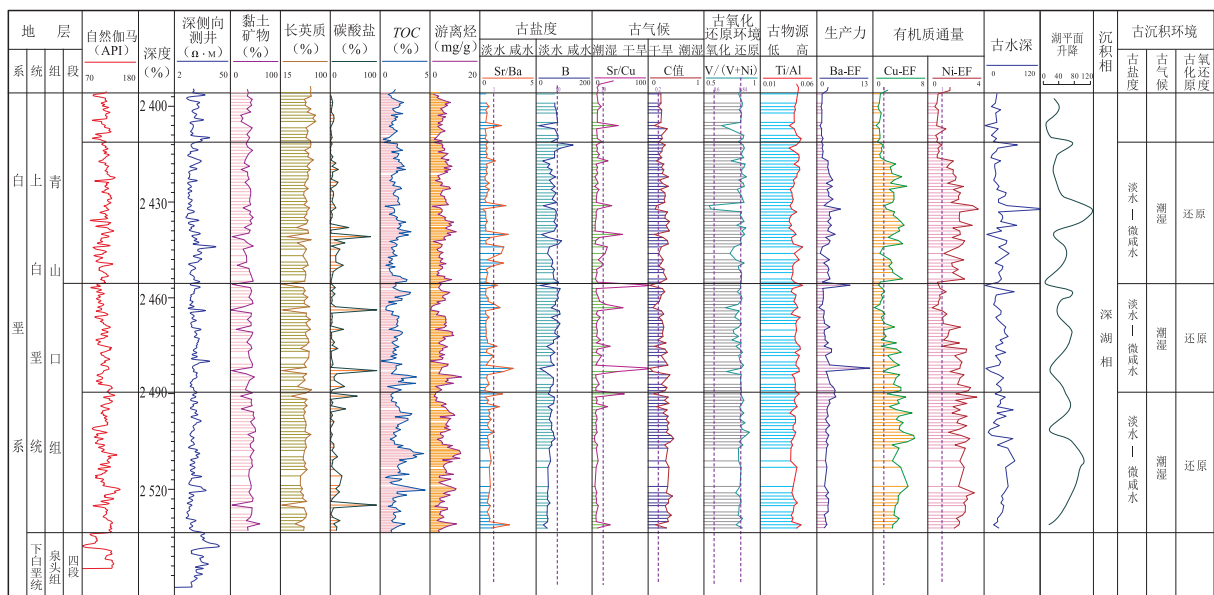
Fig. 3 Lithofacies distribution of Q1 to Q9 oil layer in Gulong Sag

深湖相沉积,但是不同油层间地化参数及页理缝密度呈现有规律的旋回性变化,从下到上,Q1—Q4油层组气候为温湿—湿热,水深30~45 m,还原环境,淡水—半咸水,生产力最高;Q5—Q6油层组气候干冷—温湿,水深20~35 m,还原环境,淡水为主,局部半咸水;Q7—Q8油层组生产力较高。青二段上部及青三段气候干冷,水深20~25 m,还原环境,淡水为主,局部半咸水;青二段上部中段生产力较高。 TOC_1 、 S_1 不同地化参数的周期性旋回变化代表了当时的沉

积环境的旋回变化(图4),高 TOC 段和高 S_1 层段是页岩富集的主要甜点层段,是目前页岩油勘探开发的重点目的层段。

4 页岩油综合地质评价

根据古页8HC井Q1—Q9油层“七性”发育特征,从页岩油富集主控因素分析入手,筛选出储集性、含油性及可压性3项关键指标,对古页8HC井Q1—Q9



注: Sr—锶; Ba—钡; B—硼; Cu—铜; V—钒; Ni—镍; Ti—钛; Al—铝。

图4 古页8HC井青山口组沉积环境分析综合图

Fig. 4 Comprehensive histogram of sedimentary environment analysis of Qingshankou Formation of Well-GY8HC

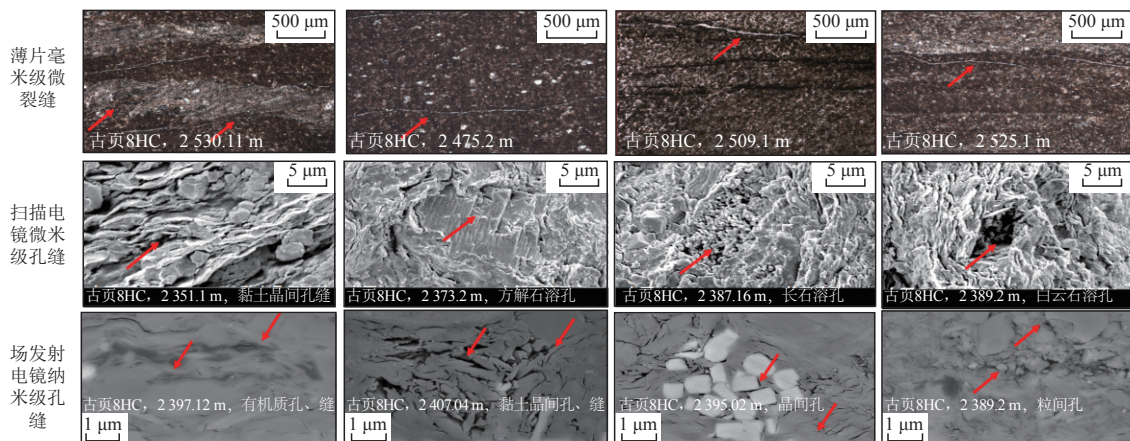


图5 古页8HC井不同尺度储集空间精细表征与刻画

Fig. 5 Fine characterization of reservoir space at different scales of Well-GY8HC

油层进行页岩油综合地质评价分析。

4.1 储集性

储集性分析主要应用储集空间类型、物性特征及比表面积等指标。分析测试结果表明,古页8HC井Q1—Q9油层主要储集空间类型有微裂缝、黏土晶间孔、粒内孔、有机孔等(图5)。BET比表面积平均为2.13,Langmuir比表面积平均为2.75,单点吸附总孔容为0.044,孔径区间主要分布在2~32 nm及64~128 nm,平均为6.09 nm,孔喉区间主要为8~12.6 nm,青一段孔喉分布范围大。核磁测井分析表明,总孔隙度和有效孔隙度两者比较接近,Q1—Q3油层和Q7—Q9油层孔隙度较高,好于Q4—Q6油层。

4.2 含油性

含油饱和度、游离烃(S_1)是页岩油含油性分析的两项主要指标。含油饱和度样品实验结果表明,含油饱和度主要集中在30%~70%,平均为48.4%。古页8HC井青一、二段保压岩心含油量分析表明,游离烃(S_1)为1.93~12.2 mg/g,平均为6.38 mg/g。Q1—Q3油层含油量最高,平均9.30 mg/g,气和轻烃(C_1 — C_{14})比例最高,油质最好,向上含油量总体降低,重烃(C_{15+})比例变大。

Q1—Q9油层按含油性整体可以分为3段:Q1—Q4油层含油性最好;Q5—Q7含油性均较好,变化不大;Q8—Q9油层,Q8含油性变差,Q9含油性较好。

4.3 可压性

可压性评价主要应用脆性指数进行分析,全岩矿物含量分析表明:古页8HC井页岩主要由黏土矿物、石英、长石组成,是典型的陆相长英质页岩。向上长石含量明显增加,黏土矿物以伊利石、伊蒙混层为主,不含蒙皂石,脆性指数主要为30%~45%,整体上Q1—Q4油层的脆性指数小于Q5—Q9油层。

5 结论

1) 古页8HC井Q1—Q9油层沉积时期主要发育厚层的富有机质页岩,累计厚度占90%以上,夹层岩性为粉砂岩和白云岩,以及少量的介壳灰岩。

2) 按照“构造+岩性”岩相划分原则,将古页8HC井Q1—Q9油层划分成4类:纹层状页岩相、夹层

状页岩相、块状白云岩相及块状粉砂岩相。其中,纹(夹)层页岩相为优势岩相。

3) 古页8HC井Q1—Q9油层时期的古沉积环境为温暖潮湿气候下的淡水—微咸水、弱物源、强还原环境。沉积微相类型为半深湖—深湖相,有利于有机质的生成与富集。

4) 通过对储集性、含油性以及可压性3项指标综合评价可知:Q1—Q3油层储集空间类型丰富、物性条件好、含油性优越,可压性能够满足页岩油施工要求,是目前大庆油田中高熟页岩油勘探的最有利层段。

参考文献

- [1] 张金川,林腊梅,李玉喜,等.页岩油分类与评价[J].地学前缘,2012,19(5):322-331.
ZHANG Jinchuan, LIN Lamei, LI Yuxi, et al. Classification and evaluation of shale oil[J]. Earth Science Frontiers, 2012, 19(5): 322-331.
- [2] 邹才能,杨智,崔景伟,等.页岩油形成机制、地质特征及发展对策[J].石油勘探与开发,2013,40(1):15-27.
ZOU Caineng, YANG Zhi, CUI Jingwei, et al. Formation mechanism geological characteristics and development strategy of nonmarine shale oil in China[J]. Petroleum Exploration & Development, 2013, 40(1): 15-27.
- [3] 杨峰,宁正福,胡昌蓬,等.页岩储层微观孔隙结构特征[J].石油学报,2013,34(2):301-311.
YANG Feng, NING Zhengfu, HU Changpeng, et al. Characterization of microscopic pore structures in shale reservoirs[J]. Acta Petrolei Sinica, 2013, 34(2): 301-311.
- [4] DENNEY D. Evaluation implication of hydraulic fracturing in shale-gas reservoirs[J]. Journal of Petroleum Technology, 2009, 61(8): 53-54.
- [5] 吴靖,姜在兴,梁超,等.东营凹陷沙河街组四段上亚段细粒沉积岩岩相特征及与沉积环境关系[J].石油学报,2017,38(10):1110-1122.
WU Jing, JIANG Zaixing, LIANG Chao, et al. Lithofacies characteristics of fine-grained sedimentary rocks in the upper submember of member 4 of Shahejie formation, Dongying sag and their relationship with sedimentary environment[J]. Acta Petrolei Sinica, 2017, 38(10): 1110-1122.
- [6] 赵建华,金之钧,金振奎,等.四川盆地五峰组——龙马溪组页岩岩相类型与沉积环境[J].石油学报,2016,37(5):572-586.
ZHAO Jianhua, JIN Zhijun, JIN Zhenkui, et al. Lithofacies types and sedimentary environment of Shale in Wufeng-Longmaxi Formation, Sichuan Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2016, 37(5): 572-586.
- [7] 吴蓝宇,胡东风,陆永潮,等.四川盆地涪陵气田五峰组——龙马溪组页岩优势岩相[J].石油勘探与开发,2016,43(2):189-197.
WU Lanyu, HU Dongfeng, LU Yongchao, et al. Advantageous shale lithofacies of Wufeng Formation-Longmaxi Formation in

- Fuling gas field of Sichuan basin, SW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2016, 43(2): 189-197.
- [8] 王勇,王学军,宋国奇,等.渤海湾盆地济阳坳陷泥页岩相与页岩油富集关系[J].石油勘探与开发,2016,43(5): 696-704.
- WANG Yong, WANG Xuejun, SONG Guoqi, et al. Genetic connection between mud shale lithofacies and Shale oil enrichment in Jiyang depression, Bohai Bay basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2016, 43(5): 696-704.
- [9] 金成志,董万百,白云凤,等.松辽盆地古龙页岩相特征与成因[J].大庆石油地质与开发,2020,39(3):35-44.
- JIN Chengzhi, DONG Wanbai, BAI Yunfeng, et al. Lithofacies characteristics and genesis analysis of Gulong shale in Songliao basin[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2020, 39(3): 35-44.
- [10] 张顺,陈世悦,鄢继华,等.东营凹陷西部沙三下亚段—沙四上亚段泥页岩相及储层特征[J].天然气地球科学,2015,26(2):320-332.
- ZHANG Shun, CHEN Shiyue, YAN Jihua, et al. Characteristics of shale lithofacies and reservoir space in the 3rd and 4th members of Shahejie formation, the west of Dongying sag[J]. Natural Gas Geoscience, 2015, 26(2): 320-332.
- [11] 杨万芹,蒋有录,王勇.东营凹陷沙三下—沙四上亚段泥页岩相沉积环境分析[J].中国石油大学学报(自然科学版),2015,39(4):19-26.
- YANG Wanqin, JIANG Youlu, WANG Yong. Study on shale facies sedimentary environment of lower Es₃-upper Es₄ in Dongying sag[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2015, 39(4): 19-26.
- [12] 马义权,杜学斌,刘惠民,等.东营凹陷沙四上亚段陆相页岩岩相特征、成因及演化[J].地球科学,2017,42(7):1195-1208.
- MA Yiquan, DU Xuebin, LIU Huimin, et al. Characteristics, depositional processes, and evolution of shale lithofacies of the upper submember of Es₄ in the Dongying depression[J]. Earth Science, 2017, 42(7): 1195-1208.
- [13] 陈科洛,张廷山,梁兴,等.滇黔北坳陷五峰组—龙马溪组下段页岩岩相与沉积环境[J].沉积学报,2018,36(4):743-755.
- CHEN Keluo, ZHANG Tingshan, LIANG Xing, et al. Analysis of shale lithofacies and sedimentary environment on Wufeng formation-Lower Longmaxi formation in Dianqianbei depression [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2018, 36(4): 743-755.
- [14] 柳波,石佳欣,付晓飞,等.陆相泥页岩层系岩相特征与页岩油富集条件——以松辽盆地古龙凹陷白垩系青山口组一段富有机质泥页岩为例[J].石油勘探与开发,2018,45(5): 828-838.
- LIU Bo, SHI Jiaxin, FU Xiaofei, et al. Petrological characteristics and shale oil enrichment of lacustrine fine-grained sedimentary system: A case study of organic-rich shale in first member of Cretaceous Qingshankou formation in Gulong Sag, Songliao basin, NE China[J]. Petroleum Exploration & Development, 2018, 45(5): 828-838.
- [15] LIU B, WANG H L, FU X F, et al. Lithofacies and depositional setting of a highly prospective lacustrine shale oil succession from the Upper Cretaceous Qingshankou Formation in the Gulong sag, northern Songliao Basin, northeast China[J]. AAPG Bulletin, 2019, 103(2): 405-432.

(编辑 余聪)

《油气藏评价与开发》2022年专题征稿通知

为了进一步办出期刊特色,促进油气勘探开发成果的及时转化,2022年策划出版6期专题。欢迎从事相关研究的广大作者和读者撰写高质量论文,并在征稿截止时间之前及时投稿,我们将择优录用。

内容要求:煤层气勘探开发、CCUS驱油与封存、地热勘探开发等油气勘探开发技术以及配套工程技术研究的最新成果。

论文要求:论文格式参见官网投稿指南,基金项目支持的论文优先录用。

投稿要求:请登录期刊官方网站投稿。

投稿网址: <http://red.magtech.org.cn>

联系电话: 025-66201780 025-66201782

附:《油气藏评价与开发》专题征稿时间表

2022年专题征稿时间表

期次	专题主题	投稿截止时间
第四期	煤层气勘探开发	2022年4月28号
第五期	CCUS驱油与封存	2022年5月31号
第六期	地热勘探开发	2022年6月30号

《油气藏评价与开发》编辑部

2022年2月26日