

塘沽油田湖相泥质白云岩含油气影响因素分析与实践

蒋永平¹⁾, 刘毅²⁾

1) 中石化华东油气分公司泰州采油厂, 江苏泰州, 225300;

2) 中国石油大港油田分公司第四采油厂地质研究所, 天津, 300280

内容提要: 湖相白云岩在我国东部泌阳凹陷古近系核桃园组、酒西坳陷白垩统下沟组和西部古一中生界准噶尔盆地二叠系风城组均已形成工业化油气开发, 预示国内该类储层良好评价前景。塘沽油田在始新统一渐新统沙河街组三段五亚段湖相泥质白云岩储层取得油气勘探新发现, 储层由泥质白云岩与白云质泥岩呈纹层不等厚交互构成, 室内分析化验证实为弱还原半深水湖相沉积, 具有裂缝与基质双重孔隙介质的特点, 微介孔率在50%以上, 为新型纳米级非常规碳酸盐储层。以该类油藏岩芯观察及试油试采资料为基础, 借助于薄片鉴定、x射线衍射分析、扫描电镜分析、物性分析、压汞分析及氮气低温吸附测试等技术手段, 对该类特殊岩性油藏的含油气影响因素进行探讨。研究结果表明塘沽油田沙河街组三段五亚段泥质白云岩含油性影响因素与成岩矿物组分及发育, 储集空间及类型, 微裂缝发育, 异常超压空间展布等密切相关, 所总结的湖相泥质白云岩储层含油气性综合评价方法对我国该类非常规油藏开发具有重要意义。

关键词: 湖相白云岩; 非常规储层; 微裂缝; 超压空间; 塘沽油田

塘沽油田自1964年开始勘探, 1972年获工业油流, 产层主要集中在始新统一渐新统沙河街组三段中上部的砂岩储集层段, 区内被多条断层分割为七个断块。2011年在采用新三维资料, 加强精细构造研究及储层预测的基础上, 针对塘沽油田始新统一渐新统沙河街组三段五亚段(简称沙三5亚段)进行重点勘探评价, 2011年底, 塘29-26C井在沙三5亚段湖相泥质白云岩评价取得重大发现, 沙三5亚段的3429~3454 m(厚度25 m), 压裂后, 3.5 mm油嘴, 初期自喷日产油99.7 t, 成为近年来大港油田在特殊岩性油藏获得高产的第一口井, 揭示了塘沽油田下部湖相泥质白云岩新的勘探领域。通过岩芯观察, 认为该套特殊岩性储集层为“白云岩+泥质白云岩组合”(李乐等, 2015)。

世界上将近一半的油气资源赋存于白云岩储层(Feng Zengzhao et al., 1994; 孙绍清, 1995), 前人对海相白云岩储层的研究取得了许多成果, 欧洲北部和南部、非洲南部和西部、中东和远东地区发现有大量海相白云岩储层(Badke et al., 1980; Sun

Shaoqing, 1995; Warren, 2000), 我国塔里木盆地和田气田、轮南—塔河油田也有海相白云岩存在(张军涛等, 2008; 朱亚东等, 2008、2012; 王保全等, 2009)。湖相盆地白云岩储层结构复杂, 渗透性较差, 油气勘探开发较为困难, (伏卫东等, 2002), 因此对其研究还显得比较薄弱。可查阅的研究成果之中成功开发案例较少, 国内成功开发主要在东部古近系断陷湖盆济阳坳陷(东营、惠民凹陷)沙河街组(孙钰, 2007)、泌阳凹陷核桃园组(钟大康等, 2004; 常炳章等, 2009)、西部古一中生界准噶尔盆地二叠系风城组(赵应成等, 2005; 张奎华等, 2007)以及新疆三塘湖盆地二叠系芦苇沟组等地层(李红等, 2007), 但由于其分布广泛, 具有较强的油气勘探价值和古环境指向意义(Davies et al., 2006; Ehrenberg et al., 2006; 陈世悦等, 2012), 其重要性不可忽视。渤海湾盆地黄骅坳陷北塘凹陷古近系沙河街组三段(简称沙三段)新近钻遇湖相白云岩层, 获得良好的工业油气流, 表明该湖相白云岩层具有很好的勘探前景。前人对北塘凹陷古近系沙三段构造背景及其

注: 本文为中国石油科技重大专项“渤海湾盆地精细勘探技术与滩海地区大油气田分布规律——歧口富油气凹陷大油气田勘探及综合配套技术研究”(编号:2008E-0600)的成果。

收稿日期:2015-12-21; 改回日期:2016-08-12; 责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2017.01.011

作者简介:蒋永平,男,1979年生。硕士,高级工程师。主要从事油气藏评价与开发工作。Email:914597139@qq.com。

演化、沉积环境进行了大量的研究(黄传炎等,2009;白云凤等,2001),而对凹陷内白云岩层储集性能以及含油气受控因素的分析则较为匮乏。因此笔者以塘沽油田该类白云岩储层岩芯观察及试油试采资料为基础,借助于薄片鉴定、x射线衍射分析、扫描电镜分析、物性分析、压汞分析及氮气低温吸附测试等技术手段,运用量化分级的评价方法综合评价该类特殊岩性的含油气性,为后续同类储层研究及开发提供一个可借鉴对比的案例。

1 区域地质概况

塘沽非常规油藏位于塘沽—新港构造带,板桥凹陷与北塘凹陷夹持的中央隆起带,为被海河断层与塘北断层夹持的地垒块,纵向上缺乏连续性与完备性。自下而上,研究区钻井揭露地层分别为:中生界,古近系沙河街组沙三段、沙一段和东营组,新近系馆陶组—明化镇组以及第四系平原组。沙二段在沙三沉积末期的构造抬升中剥蚀殆尽,地层缺失;东营沉积期地层再度抬升,沉积间断地层受强烈剥蚀,东营组残余地层与上覆地层不整合接触(图1)。

古近系沙河街组沙三段:钻厚 738.50 ~ 2236.86 m,包含5个亚段。沙三1亚段主要为深灰色泥岩,夹薄层浅灰色细砂岩;沙三2亚段以深灰色泥岩夹薄层泥质砂岩,细砂岩及含砾不等粒砂岩,局部钻遇玄武岩;沙三3亚段以深灰色泥岩与浅灰色泥质砂岩,细砾岩,含砾不等粒砂岩互层为主;沙三4亚段上部浅灰色含砾不等粒砂,深灰色砂质泥岩及深灰色泥岩互层,下部浅灰色细砂岩,浅灰色泥质砂岩,深灰色砂质泥岩及深灰色泥岩,底部为灰色泥岩,局部区域见浅成侵入岩辉绿岩;沙三5亚段以上部以深灰色—黑色泥岩、白云质泥岩为主,夹油页岩薄层,中部为厚层白云岩及泥质白云岩,下部为深灰色泥岩(曾德铭等,2010)。

本次研究的层段为沙三5亚段。沙三段沉积时期,黄骅拗陷北塘凹陷处于湖盆断陷期,构造活动性强,构造—古地貌对沉积体系类型及空间展布具有明显的控制作用。该区碎屑沉积物供给主要由两大物源提供——北部燕山褶皱带及西部沧县隆起,碎屑物质经由四个方向向凹陷中进积,分别为西部的沧县物源、西北角汉沽物源、北面大神堂物源及东北角的涧南物源(黄传炎,2009)。在构造、古地貌控制下,北塘凹陷经历了迅速湖进(沙三5亚段时期)、逐渐水退(沙三3、4亚段时期)、缓慢水进(沙三2亚段时期)和迅速水进(沙三5亚段时期)

的演化过程,在大神堂物源和涧南物源供给下,扇三角洲与深湖滑塌重力流发育并主要出现于北塘凹陷汉沽断层以南区域;在西部沧县隆起物源供给下,凹陷西侧茶淀断层附近亦发育同样类型沉积相;而在湖盆中心海河—新港构造带附近主要发育深湖浊流体系,则可能为涧南物源控制下发育的扇三角洲前缘砂体的再次搬运沉积,整个沙三段纵向上呈现出细—粗—细的岩性组合特征。

2 含油性影响因素分析

2.1 成岩矿物组份及发育对含油性的影响

成岩矿物组份及发育,与储层各项参数相关,湖相泥质白云岩自生自储成藏特点也决定白云岩类储层与其含油性密切相关,因此识别有利成岩矿物分布区带为识别湖相泥质白云岩有利储层的岩性基础。

2.1.1 岩石类型

根据对岩芯描述及分析化验结果,共识别出8种岩性,11种岩性组合类型(表1)。

2.1.2 岩石类型与含油性关系

沙三5亚段白云岩、泥质白云岩为储层主体的泥质白云岩层系上下部为厚层暗色富有机质泥岩,该泥质白云岩层系呈透镜体状一样被厚层泥岩包裹,厚层泥岩既起到盖层封闭作用,又作为烃源岩大量生排烃向泥质白云岩层系中注入有机酸及烃类流体,提高储层物性及含油性。

根据研究区各井原始含油饱和度 $\geq 50\%$ 的油层、油水同层中,各岩性所占厚度比例作统计表(表2),由表可发现岩性与含油性具相关性。

在统计的9口井中,有7口井的白云岩类厚度占原始含油饱和度 $\geq 50\%$ 的油层、油水同层总厚度的70%以上;同时前期孔隙度结果研究中也发现白云岩、泥质白云岩孔隙度相对较高,具更好储集性,因而研究区内的白云岩、泥质白云岩成为储集能力高、含油性好的主要岩石类型。

虽然在塘29-26C、塘39-5C等少数井中,部分泥岩类岩性的含油性也较好,但比例极低,且与断层、溶蚀等其他因素造成储层物性变好有关。

从以上分析可知,沉积作用控制岩性展布,而岩石类型与储集性、含油性具较好相关性,该油藏储层主要为厚层泥岩包裹的泥质白云岩层系,即具明显的岩性油藏特征。

2.2 储集空间含油性评价

储集空间及储集类型与储层储集能力、渗流能

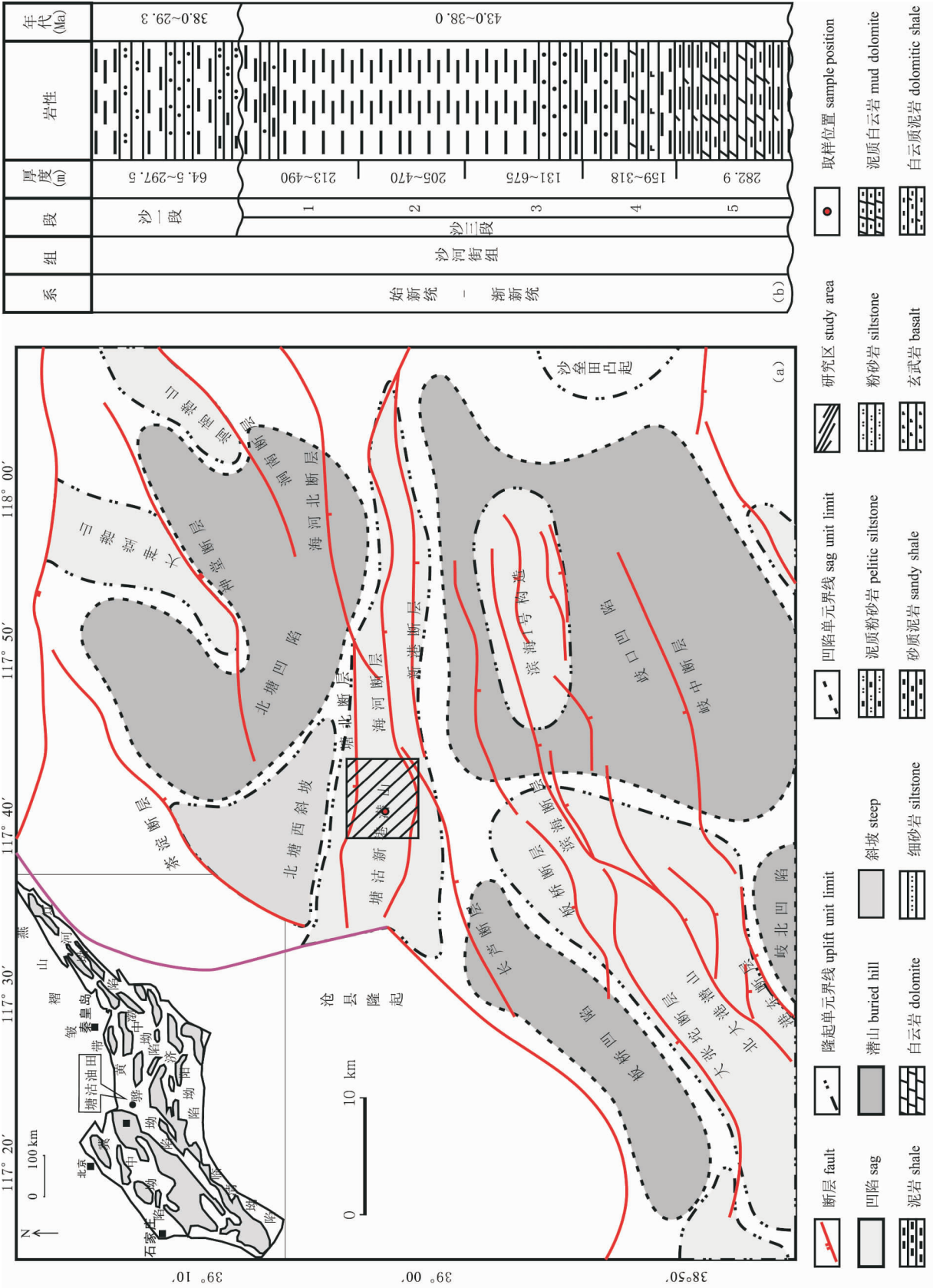


图 1 塘沽油田区域地理、构造单元及地层分布

Fig. 1 Regional geography, structural unit and stratigraphy distribution of the Tanggu Oilfield

表 1 塘沽油田非常规油藏岩石相特征

Table 1 Rock facies characteristics of unconventional oil reservoirs in Tangu Oilfield

块状白云岩相	由灰白色白云岩组成,泥质含量很低,内部成分均一,层理不发育,呈块状产出
含溶孔白云岩相	由灰白色白云岩、浅灰色含泥白云岩及褐灰色泥质白云岩组成,溶孔发育,溶孔内部见沥青质充填物
含膏白云岩相	主要由含石膏矿物的白云岩组成,石膏呈斑点状或放射状,局部可见石膏充填条带
含泥白云岩相	由浅灰色含泥白云岩组成,多发育水平纹理
泥质白云岩相	由褐灰色泥质白云岩组成,水平纹理发育
韵律性泥质云岩—含泥白云岩相	泥质云岩及含泥白云岩纹层发育,二者在垂向上交替出现
白云质泥岩相	由深灰色白云质泥岩组成,水平纹理发育
韵律性含白云泥岩—泥质白云岩相	由含白云泥岩及泥质白云岩薄互层组成
韵律性含白云泥岩—白云质泥岩相	由含白云泥岩及白云质泥岩薄互层组成
泥岩相	由灰黑色泥岩及深灰色含白云泥岩组成,发育块状层理及水平纹理
页岩相	由深灰色页岩组成,页理发育

力、产出能力关系密切,为评价非常规储层重要手段(李道品等,2003、2010)。湖相泥质白云岩微介孔率接近 50% 以上,储集空间并不单纯受控于孔隙度的大小而是受孔—缝双重控制,其所属类型为评价该类有利储层的空间基础。

研究区储层属中—低孔特低渗储层,从岩芯观察可知研究区储集层主要为孔隙—裂缝型储层,裂缝占总孔隙 60%,孔洞占总孔隙 40%,有效储集空间为构造缝、层理缝及溶蚀孔洞三种类型占 80%,其特殊的岩性背景及成岩作用决定研究区孔—缝—洞型储集空间及其类型对含油性影响占主导。

2.2.1 储集空间类型

塘沽地区目的层岩石结构组分相对单一,因而其内部孔隙类型也相对较少。根据 Choquette 及 Pray (1970) 碳酸盐岩孔隙分类标准,按照孔隙形成时的组构选择性,在目的层内共识别出两大类四小类孔隙,分别为晶间孔、溶孔、溶缝及裂缝(袁士义等,2004、2012)。

(1) 晶间孔:系指赋存于白云石或方沸石晶粒

表 2 塘沽油田各井油层中各岩性厚度比例数据表

Table 2 The data of the thickness of each layer in the well reservoir in the Tangu Oilfield

井号	白云岩	泥质白云岩	白云质泥岩	泥岩
塘 12C	82.50%	5.83%	11.67%	0
塘 29-26C	40.54%	33.85%	15.65%	9.96%
塘 20-10C	31.25%	68.75%	0	0
塘 39-5C	54.10%	4.10%	38.72%	3.08%
塘 28-26C	54.32%	9.11%	36.58%	0
塘 39-2	39.29%	52.86%	7.86%	0
塘 39-3	84.85%	15.15%	0	0
塘 20	100.00%	0	0	0
塘 20-1	100.00%	0	0	0

之间的孔隙。该类孔隙由于其直径常小于 5 μm ,因此在普通薄片难以对其进行有效识别及鉴定,而扫描电镜资料中则可以清晰地展现该类孔隙的形貌特征。扫描电镜下,该类孔隙呈多边形产出,内部较为洁净,少见粘土矿物在其中充填(图 2a)。普通薄片中,虽然难以对其进行识别,但是可见裂缝壁周边基质白云石中的沥青残余痕迹(图 2b、c),这表明油气已进入基质白云石中晶间孔内,而由基质中的残余沥青可知,晶间孔在研究区内是一种储集性良好的孔隙空间。

(2) 溶孔:根据孔径大小及形态,在岩芯中主要观察到两类溶蚀孔隙:针状孔及豆状孔。针状溶孔在泥质白云岩及白云岩中均有产出,孔隙呈针眼状,孔径一般小于 2 mm,多以顺层状或分散状产出,对于该类溶蚀孔的形成,国内有学者认为其与埋藏阶段酸性流体溶蚀相关;豆状溶孔则主要见于白云岩之中,孔隙形状呈较规则的椭圆—圆形,孔径 2 ~ 10 mm 不等,豆状溶孔多顺层呈带状分布,内部可见矿物充填或沥青质充填,镜下观察中,可见针状石膏溶蚀后形成的膏模孔(图 2d),此外,豆状溶孔内部孔隙壁附着有硬石膏晶体(图 2e),同时,可见孔隙内充填着透明状的方沸石,因而,研究认为该类孔隙的形成应该与石膏结核遭受溶蚀,所形成的膏模孔后期又受热液溶蚀改造相关联。该类溶孔虽然孔径较大,但因其后期多为热液充填,因而失去了其储集性,对储层意义较为有限。

除了岩芯中明显可见的针状孔及豆状孔,薄片另观察到一种特别的溶蚀孔隙——方沸石晶间溶孔。该类孔隙主要产出于裂缝及溶孔中所充填的方沸石之中(图 2f),孔隙形状多样,孔径 50 ~ 300 μm 不等,由于该类孔隙的产状多与充填物相关,因而指

示其形成与埋藏阶段酸性流体溶蚀相关。而该类孔隙内部常可见沥青痕迹残余,局部溶孔强烈处见原油灌注入旁侧白云石晶间孔之中后的沥青残余,这表明该类孔隙对油气运移具有重要的意义。

(3)溶缝:溶缝在白云岩及泥质白云岩内均有产出,岩芯表现为裂缝局部发生扩张,薄片中也可见到同样现象,溶蚀扩张裂缝开度为0.5~2.0 mm不等。溶蚀裂缝成因解释不同,部分学者认为其形成

与表生期溶蚀作用相关,部分学者则认为其形成与埋藏期酸性流体溶蚀相关。而对于研究区的溶蚀裂缝,其形成应与埋藏期溶蚀作用相关。

(4)微裂缝:在破裂作用下,研究区白云岩及泥质白云岩内产生了大小、规模、产状及配置关系不一的裂缝系统。按裂缝开启与否,在镜下可将裂缝划分出开启裂缝及闭合裂缝两类,其中开启裂缝按缝宽及缝长又可划分出小裂缝(缝宽介于100~1000

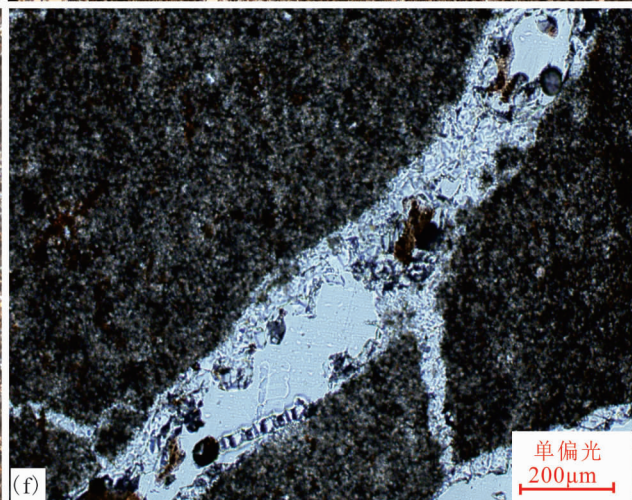
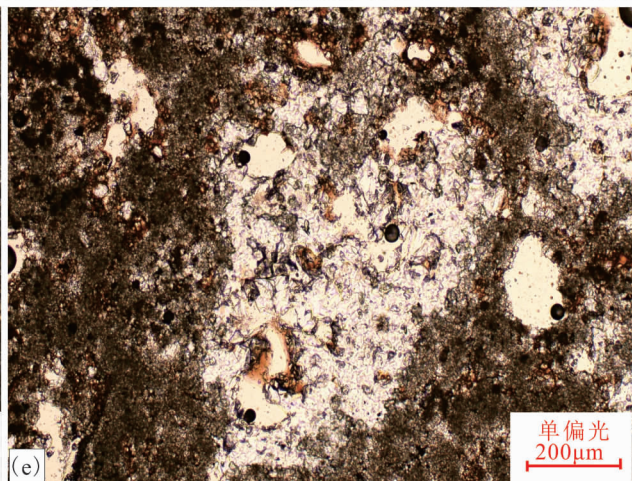
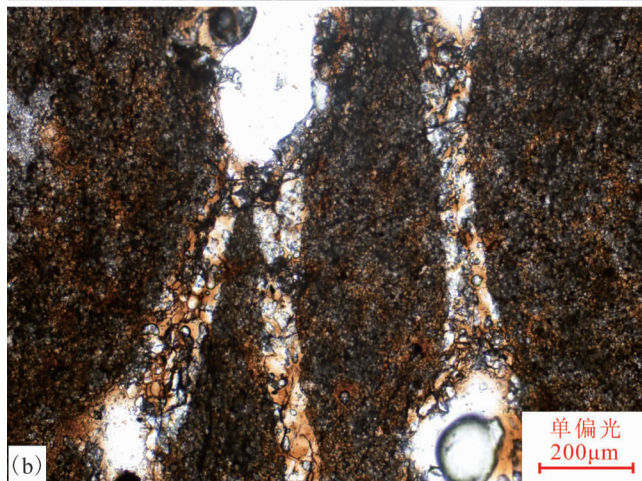
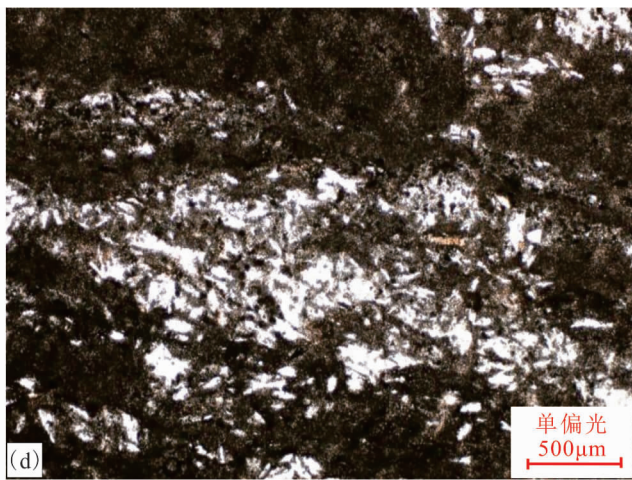
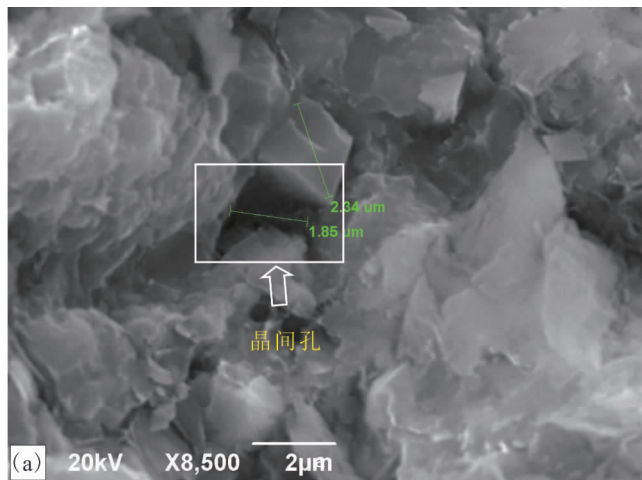


图 2 塘沽油田沙三 5 亚段(始新统一渐新统沙河街组三段 5 亚段, E_2-3s^5)晶间孔和溶孔特征

Fig. 2 The characteristic of intercrystalline pore and dissolved pore of the 5th Submember, 3rd Member, Shahejie Formation, Neogene—Pliogene (E_2-3s^5) in the Tanggu Oilfield

(a) 泥质泥晶白云岩,晶间孔,SEM,塘 12C 井,3121.7 m;(b)(单偏光)、(c)(正交偏光)泥质泥晶白云岩,晶间孔中残余沥青,10×10;(d) 白云岩,针状膏模孔,单偏光,10×5,塘 12C 井 Y15-2,3145.1 m;(e) 粉晶白云岩,膏模孔,为 b 中孔隙镜下特征,单偏光,10×10,塘 12C 井 Y15-2,3145.1 m;(f) 泥质粉晶白云岩,单偏光,10×10,塘 12C 井 Y13,3140.67 m;(扫描电镜和铸体薄片资料来自南京大学)

(a) argillaceous and micrite dolostone, intercrystalline pore, SEM, Tang12C, 3121.7 m; (b) (single polarization), (c) (orthogonal polarization) argillaceous and micrite dolostone, residual bitumen in intercrystalline pore, 10×10; (d) dolostone, needle hole, single polarization, 10×5, Tang12C Y15-2,3145.1 m; (e) crystalline dolostone, paste hole, the characteristics of b under the pore mirror, single polarization, 10×10, Tang12C Y15-2,3145.1 m; (f) dolostone mudstone, casting sheet, single polarization, 10×10, Tang12C T1-1,3116.79 m; (g) argillaceous and crystalline dolostone, single polarization, 10×10, Tang12C Y13, 3140.67 m (scanning electron microscope data and casting sheet material from Nanjing University)

μm 之间,长度介于 0.1~1.0 m)及微裂缝(缝宽介于 10~100,长度小于 0.1 m)两类(据袁明生等, 2000)。

通过对 38 块岩石薄片中的微观裂缝条数及缝宽进行统计,研究区内白云岩中主要发育以 10~50 μm 的微裂缝及 100~500 μm 的小裂缝,泥质白云岩中具有相似的特征。不同的是,泥质白云岩中小裂缝及 10~50 μm 的微裂缝发育程度更高,而 50~100 μm 的微裂缝则主要出现于白云岩之中,此外,白云岩中更为多见闭合裂缝。

在扫描电镜下,可见大量纳米级裂缝,裂缝长度从 3.39~11.71 μm ,平均 6.54 μm ;宽度变化较大,从 0.2915~10.790 μm ,平均 1.720 μm 。这些裂缝均呈张开状态,成为较好的储集空间(图 3)。

2.2.2 储集空间含油性评价

对储层储集空间的分析,通过岩芯观察、铸体薄片可以发现溶孔(洞)、晶间孔、裂缝,但无法直观表征储集类型。而通过高压汞压实验数据可以对储层的储集类型进行分类,根据进汞曲线的形态、进汞压力与进汞饱和度的关系两方面分析,共划分出四类储集类型:孔缝型、孔隙型、裂缝型、微孔隙型(图 4)。

由以上储集类型划分结果,对各类储集类型的各项参数特征进行统计(表 3),发现孔—缝型储集类型的排驱压力 ≤ 1 Psi (10000Psi = 68.95MPa),储集能力、产出能力均最强,为优质储层。孔隙型、裂缝型储集类型的排驱压力在 1~10 Psi 之间,储集能力、产出能力次之,为有效储层。微孔隙型即相当于

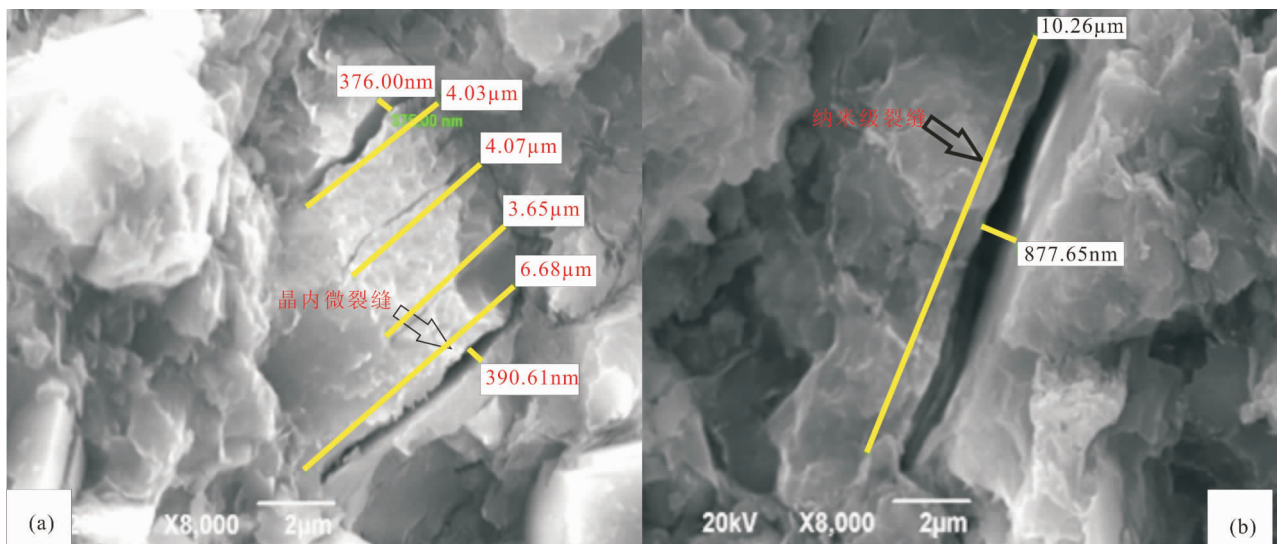


图 3 纳米级裂缝扫描电镜图

Fig. 3 The SEM of nanometer scale crack

(a) 矿物晶粒破裂形成的晶内微裂缝,塘 12C 井,3121 m;(b) 纳米级裂缝,塘 39-3 井,3831.72 m

(a) grain micro cracks formed by the fracture of mineral grains, Tang12C, 3121 m; (b) nanometer grade fracture, Tang39-3,3831.72 m

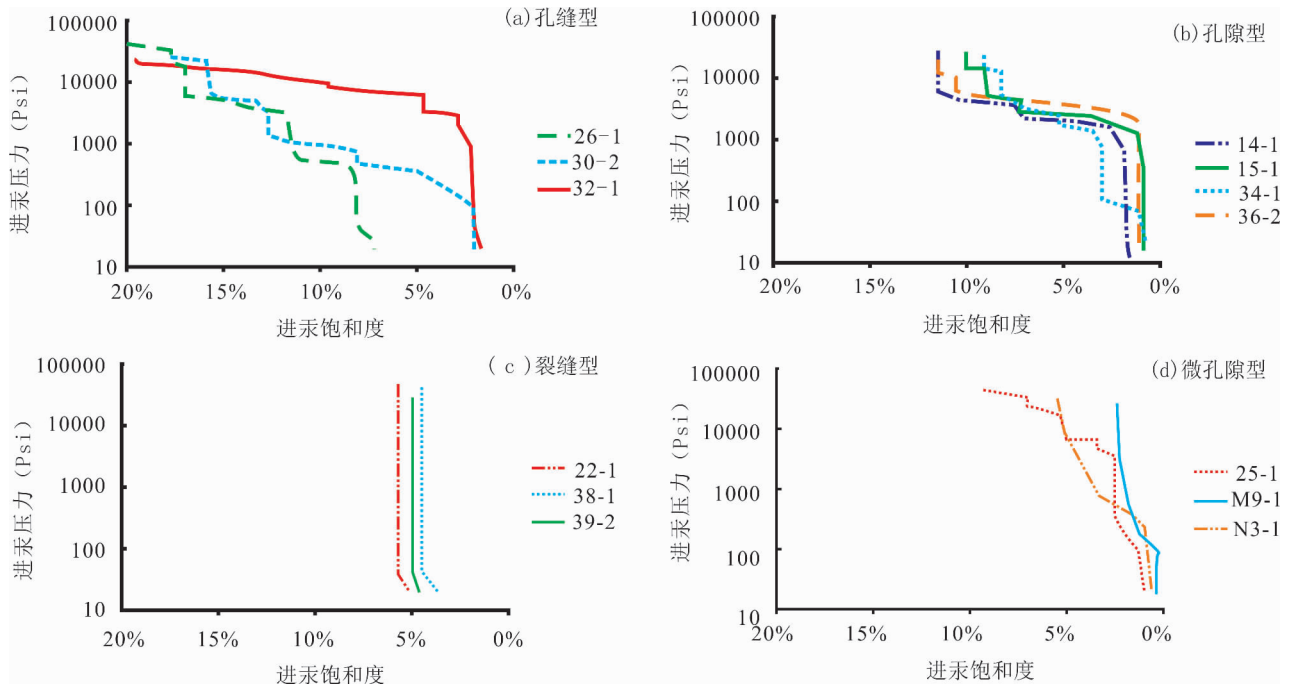


图 4 压汞曲线与储层类型分类图(10000 Psi = 68.95MPa)

Fig. 4 The classification chart between intrusive mercury curve and reservoir types(10000Psi = 68.95MPa)

干层,排驱压力在 10 ~ 200 Psi 之间,微孔隙发育但孔喉极小,油气进入及渗流困难,故划为无效储层。

2.3 异常超压对含油性的影响

泥质白云岩层系上下部的厚层富有机质泥岩,在达到生油门限($R_o = 0.5\%$)时开始生排烃,向储层中注入烃类流体,烃类流体在断层封闭的断块不断聚集形成超压,而在断层未封闭的断块,烃类流体沿断层运移到沙三 3 亚段、沙三 4 亚段等上部砂岩储层而未形成超压,仅在储层中形成含油较差的油水同层或孔渗性较差部位亲油储层中原油滞留形成的低产油层(冯有良等,2001)。

异常压力是油气运移的动力,控制着油气流动的方向,并在合适的圈闭内聚集成藏,异常压力分布和油气聚集有一定的联系塘沾地区低孔隙度低渗透率复杂油气层产能的主要控制因素时,正常压力储

层的产能是受储层孔隙结构控制的,异常压力储层的产能受储层孔隙结构与地层压力共同控制。经试油试采情况表明,异常高压带和储层含油性及产能密切相关,为评价泥质白云岩含油性重要指标。

2.3.1 超压与含油性关系

根据研究区沙三 5 亚段地层压力的分布,塘 29-26C 断块(塘 29-26C 井 1.56、塘 28-26C 井 1.54)、塘 39-2 断块(塘 39-2 井 1.59、塘 39-5C 井 1.53)、塘 21 断块(塘 21 井 1.52)三个断块为超压断块(压力系数 > 1.2);其余四个断块为常压断块($0.8 < \text{压力系数} < 1.2$)。由断层分布图上可以看出,塘 29-26C 断块、塘 39-2 断块、塘 21 断块周围的主要二级断层 F1-1、F1-2、F1-3、F2-1、F2-2、F2-3 均为封闭断层(图 5),烃类流体在断层封闭的断块不断聚集形成超压;而海河断层 F1、塘北断层 F2 为开启断层,

表 3 储集类型与参数特征统计表

Table 3 The statistical table between reservoir types and characteristic parameter

储集类型	岩性	最大进汞饱和度(%)	退汞效率(%)	产出能力	排驱压力(Psi)	储层有效性
孔缝型	白云岩、白云质泥岩	19.06	22.19	0.0423	≤ 1	优质储层
孔隙型	白云岩、白云质泥岩	10.51	29.03	0.0305	1 ~ 5	有效储层
裂缝型	含泥白云岩、泥质白云岩	3.88	0.55	0.0002	5 ~ 10	有效储层
微孔隙型	白云质泥岩、白云岩、泥质白云岩、泥岩	6.28	43.39	0.0272(干层)	10 ~ 200	无效储层

使塘 20-10C 断块、塘 12 断块、塘 39-3 断块、塘 19 断块呈正常压力状态。

根据生产、试油、测井解释(表 4)等资料,对常压断块与超压断块的含油性进行对比发现:

超压发育的三个断块内,除塘 21 井外(闭合高最小,且该井位于断块的中—低构造部位),其他 4 口井(塘 29-26C、塘 28-26C、塘 39-5C、塘 39-2)沙三 5 亚段全段的平均含油饱和度均大于 33%,产油、试油结果也均反映油层较厚、产量较高,尤其是塘 29-26C 井持续高产且含水率低。

正常压力的四个断块内,含油普遍较差,沙三 5 亚段平均含油饱和度一般小于 27%。塘 39-3 井试油见产油 0.089 t/d 低产油层;塘 12C 井平均日产油仅 0.62 t,平均产水率达 91.27%;塘 20-10C 井间开低产,平均日产油 0.77 t,平均产水率为 58.19%。因塘 39-3 井所在断块闭合高最大,且该井位于其断块的高部位,含油饱和度相对较高;塘 12C 断块位于全区构造的最高部位,该井沙三 5 亚段中部 3129.88~3145.84 m 为油水同层与薄油层组合。

由以上对比可以发现,超压范围控制了所有高

产井的分布。此外,塘 29-26C 断块整体发育超压,而位于其断块最高点的塘 11 井却为正常压力(认为该井与塘 29-26C 井间的小断层封闭),且试油显示为(含油)水层,含油性极差,明显反映了超压对含油性的控制作用。

2.3.2 超压与产能关系分析

截至目前,共有 5 口井射开沙三 5 亚段层段:塘 29-26C、塘 39-5C、塘 28-26C、塘 12C、塘 20-10C(表 5)。塘 29-26C 日产油 20.5 t;塘 39-5C 日产油 5.78 t,同时这两口井的压力系数均较高分别为 1.56、1.53。而塘 12C 日产油 0.81 t,而塘 20-10C 日产油 1.41 t,这两口井均处于正常压力状态下,压力系数均为 1.12。分析可知异常压力和产量有一定的联系,异常压力越高,产量越大。

3 有利储层含油性分级评价

3.1 分级标准

通过“四性”关系研究,结合试油试采结果绘制出塘沽油田沙三 5 亚段含油面积分布图(图 5)。综合储层物性(孔隙度、裂缝孔隙度)、储层产能、测井

表 4 塘沽油田各井油水层解释结果与压力系数汇总表

Table 4 The summary list of interpretation results and pressure of oil and water layers in Tanggu Oilfield

井号	所属断块	圈闭幅度(m)	沙三 5 亚段油水层解释结果				力系数	平均含油饱和度
			油层厚度(m)	油水同层/低产油层厚度(m)	水层厚度(m)	干层厚度(m)		
塘 29-26C 塘 28-26C	塘 29-26C 断块	660	57.52 17.35	26.41 57.78	0 5.97	17.23 74.24	1.56 1.54	60.19% 33.65%
塘 39-5C 塘 39-2	塘 39-2 断块	1440	17.81 4.22	31.48 14.46	9.60 5.30	44.95 22.05	1.53 1.59	45.89% 34.33%
塘 21	塘 21 断块	320	0	0	74.25	43.13	1.52	17.89%
塘 12C	塘 12 断块	260	4.11	17.38	46.80	31.33	1.12	26.05%
塘 39-3	塘 39-3 断块	1060	0.106	8.37	21.41	8.48	1.17	34.99%
塘 20-10C 塘 20-1 塘 20	塘 20-10C 断块	580	0.33 0 0	6.50 7.33 6.88	67.12 45.95 76.13	54.67 45.95 8.38	1.12 1.17 1.13	13.02% 19.15% 19.42%

表 5 压力系数与产量统计表

Table 5 The statistical table between pressure coefficient and output

序号	井号	压力系数	射孔后现象	平均日产油(t)	平均日产水(m ³)	累产油(t)	累产水(m ³)	油水层判别
1	塘 29-26C	1.56	洗井出油 2.9 t	20.5	1.371	1828	122	油层
2	塘 29-26C	1.56	补孔,洗井无油气显示	12.4	1.871	8249	945	油层 + 油水同层
3	塘 39-5C	1.53	洗井见油花	5.78	4.819	795.3	885	油水同层
4	塘 28-26C	1.54	/	10.7	2.757	1495	388	油层—油水同层
5	塘 12C	1.12	洗井无油,见少量气	0.81	8.427	48.11	482	(含油)水层
6	塘 20-10C	1.12	出少量油花	1.41	2.843	221.1	415	油水同层

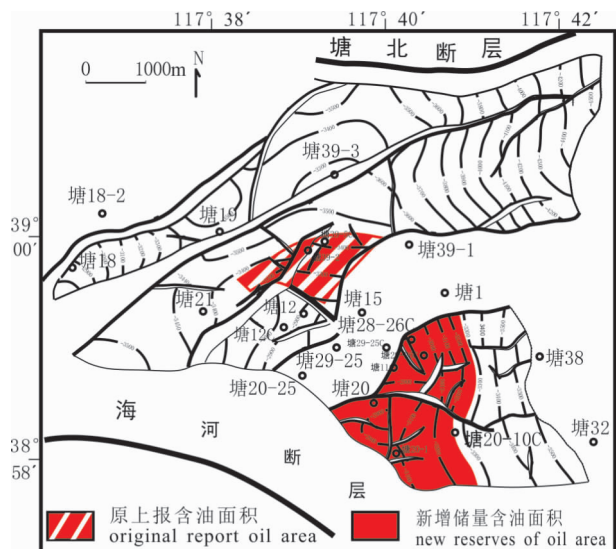


图5 塘沽油田塘29-26C井区沙三5亚段(E₂₋₃s⁵)含油面积分布图

Fig. 5 The oil area distribution map of E₂₋₃s⁵ reservoir in the Tang29-26C well field, Tanggu Oilfield

参数(AC、DEN、Rt)及辅助参数(储层有效厚度、平均孔喉半径、含油饱和度、压力系数等)(林森虎等, 2001)将塘沽油田有利储层含油性划分为I、II、III三个级别,并绘制塘沽油田沙三5亚段储层分级平面分布图(图6)。

三个级别的储层评价特征如下:

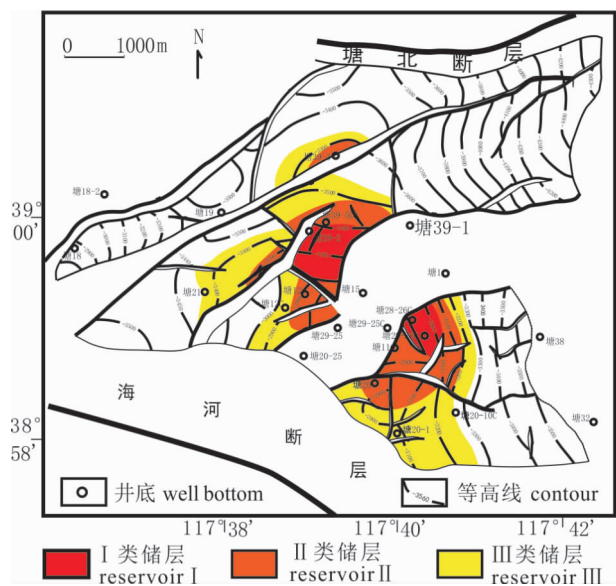


图6 塘10井区沙三5亚段储层分级平面分布图

Fig. 6 The plane classified chart of E₂₋₃s⁵ reservoir in Tang10 well field

I类特征:以白云岩、泥质白云岩为主,总孔隙度≥12%,以总孔隙度与裂缝孔隙度的参数组合不同,分为孔缝型和孔洞型两种储集类型,溶蚀作用储层储集性变好,形成孔—缝—洞储集空间组合,含油饱和度大于60%,电阻率大于15 Ω·m,即纯油层,平均喉道半径大于20 μm。超压发育使储层中生产压差增大,储层流体流动性增强,生产特征表现为高产能(压裂后日产油≥8 t)、含水率低。

II类特征:该类储层同样以白云岩、泥质白云岩、白云质泥岩为主,总孔隙度8%~15%,分为孔缝型和孔隙型两种储集类型,形成孔—缝储集空间组合,裂缝发育的孔缝型储层和孔喉较大的孔隙型储层均具有较好的渗流能力,含油饱和度大于45%,电阻率大于10 Ω·m,主要为油层及含油较好的油水同层,平均喉道半径5~10 μm。超压发育使生产压差增大,储层流体流动性增强,生产特征表现为中等产能(压裂后日产油2~8 t)、含水率基本稳定或逐渐降低。

III类特征:以白云岩、泥质白云岩、白云质泥岩为主,总孔隙度小于10%,包括裂缝型和孔隙型两种储集类型,含油饱和度大于30%,电阻率6~10 Ω·m,主要为油水同层、低产油层,平均喉道半径1~5 μm。超压或常压断块均有分布,生产特征总体表现为低产能(压裂后日产油0.1~2.0 t)、含水率较高且会逐渐升高,虽裂缝型储层初期产量高,但递减极快,稳产性差。

3.2 试采评价

目前研究区共有5口井对特殊岩性体进行压裂试采评价,5口井试采效果差别较大,其中评价为I类含油性区域的两口井,塘29-26C井2011年11月压裂后投产,初期3.5 mm油嘴自喷生产99.7 t/d,截止到2014年9月,已累计产油1.05 × 10⁴ t,现稳产在10.0 t/d左右;塘28-26C井,经压裂投产后3 mm油嘴,日产油57.07 t,日产水16.38 m³,截止到2014年9月,已累计产油0.32 × 10⁴ t,目前日产油稳定在8.0 t左右。其余II类、III类区域的三口井则产量均较差,由于低产或见水,目前正在观察。

4 结论

(1)塘沽油田油藏主要为厚层泥岩包裹的泥质白云岩储层,具明显的岩性油藏特征。湖相白云岩成岩矿物组分及发育与该类储层储集性及含油性具有较好相关性,塘沽油田始新统一渐新统沙河街组三段五亚段储层岩石类型中白云岩及泥质白云岩为

优质储层。

(2)塘沽油田储集层主要为孔隙—裂缝型储层,有效储集空间为构造缝、层理缝及溶蚀孔洞三种类型占 80%,其特殊的岩性背景及成岩作用决定研究区孔—缝—洞型储集空间及其类型对含油性影响占主导,孔—缝型储集类型的储集能力、产出能力均最强,为最好的储层类型,湖相泥质白云岩微介孔率接近 50% 以上,储集空间并不单纯受控于孔隙度的大小而是受孔—缝双重控制。

(3)塘沽油田异常高压带和储层含油性及产能密切相关,异常压力和产量有一定的联系,异常压力越高,产量越大。

(4)综合储层物性及辅助参数将塘沽油田有利储层含油性划分为 I、II、III 三个级别,并对各类储层的物性、孔喉参数、储集空间、电性等特征进行总结。经统计,塘沽油田断层上升盘的塘 29-26C 井区的 I、II 类储层厚度较大,具有较好的含油性,有很好的勘探前景。

致谢:本文得到了中国石油大港油田第四采油厂程远忠总地质师、刘永河副总地质师、褚淑敏高级工程师、张绍岭高级工程师、朱淑英高级工程师等的大力支持,在此一并表示衷心感谢!

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; the literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

白云凤,王华,王振升,廖远涛,林正良,黄传炎. 2011. 北塘凹陷古近系烃源岩特征及热演化史模拟. 地球科学—中国地质大学学报, 36(3):565~571.

陈世悦,李聪,杨勇强,肖敦清,蒲秀刚,黄鹏. 2012. 黄骅凹陷歧口凹陷沙一下亚段湖相白云岩形成环境. 地质学报, 86(10):1679~1686.

常炳章,张驰,曲天红,郭艳丽,武子钰,王永敏. 2009. 泌阳凹陷深凹区白云岩裂缝预测研究. 石油天然气学报, 31(3):202~206.

冯有良,张义杰,王瑞菊等. 2011. 准噶尔盆地西北缘风城组白云岩成因及油气富集因素. 石油勘探与开发, 38(06):685~692.

伏卫东,陈祥,孙风华,王普贵,余培湘,张宏. 2002. 泌阳凹陷湖相白云岩油气储集性能及勘探潜力. 江汉石油学院学报, 24(1):8~10.

郭强,钟大康,张放东等. 2012. 内蒙古二连盆地白音查干凹陷下白垩统湖相白云岩成因. 古地理学报, 14(01):59~68.

黄传炎,王华,周立宏,任培罡,刘军,白云凤. 2009. 北塘凹陷古近系沙河街组三段物源体系分析. 地球科学—中国地质大学学报, 34(6):975~984.

焦存礼,何治亮,邢秀娟,卿海若,何碧竹,李程成. 2011. 塔里木盆地构造热液白云岩及其储层意义. 岩石学报, 27(01):277~284.

贾承造,郑民,张永峰. 2012. 中国非常规油气资源与勘探开发前景. 石油勘探与开发, 39(02):129~136.

克莱德 H,莫尔著. 2008. 碳酸盐岩储层—层序地层格架中的成岩作用和孔隙演化. 姚根顺,沈安江,潘文庆等译,北京:石油工业出

版社,68~77.

李道品著. 2003. 低渗透油田高效开发决策论. 北京:石油工业出版社.

李乐,姚光庆,刘永河,侯秀川,王刚,赵耀,高玉洁. 2015. 塘沽地区沙河街组下部含云质泥岩主微量元素地球化学特征及地质意义. 地球科学(中国地质大学学报), 40(09):1480~1496.

李乐,姚光庆,刘永河,侯秀川,高玉洁,赵耀,王刚. 2015. 大港油田塘 10 井区沙河街组方沸石白云岩储层特征. 石油学报, 36(10):1210~1220.

李红,柳益群,朱玉双. 2007. 新疆三塘湖盆地二叠系湖相白云岩形成机理初探. 沉积学报, 25(1):75~81.

罗平,杨式升,马龙等. 2001. 酒西盆地青西坳陷湖相纹层状泥质白云岩中泥级斜长石成因、特征与油气勘探意义. 石油勘探与开发, 28(6):32~33,67.

林森虎,邹才能,袁选俊,杨智. 2011. 美国致密油开发现状及启示. 岩性油气藏, 23(04):25~30.

马锋,许怀先,顾家裕,邵龙义,郭光辉,刘永福,朱长见. 2009. 塔东寒武系白云岩成因及储集层演化特征. 石油勘探与开发, 36(2):144~155.

孙绍清. 1995. 白云岩的孔隙演化与储层特征. 国外油气勘探, 7(5):551~563.

苏朝光. 2010. 沾车地区沙四段湖相碳酸盐岩的地震识别与预测. 石油地球物理勘探, 35(04):565~570.

孙钰. 2007. 惠民凹陷西部沙一段湖相碳酸盐岩沉积及储层特征研究. 东营:中国石油大学, 1~103.

邵龙义,韩俊,马锋,刘永福,许怀先,郭光辉,吉丛伟. 2010. 塔里木盆地东部寒武系白云岩储层及相控特征. 沉积学报, 28(5):953~961.

王保全,强子同,张帆,王兴志,王一,曹伟. 2009. 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组马五段白云岩的同位素地球化学特征. 地球化学, 38(5):472~479.

袁士义,宋新民,冉启全. 2004. 裂缝性油藏开发技术. 北京:石油工业出版社.

邹才能,朱如凯,吴松涛. 2012. 常规与非常规油气聚集类型、特征、机理及展望——以中国致密油和致密气为例. 石油学报, 33(02):173~187.

张奎华,马立权. 2007. 济阳坳陷下古生界碳酸盐岩潜山内幕储层再研究. 油气地质与采收率, 14(04):26~29.

赵应成,周晓峰,王崇孝,王满福,郭娟娟. 2005. 酒西盆地青西油田白垩系泥白云岩裂缝油藏特征和裂缝形成的控制因素. 天然气地球科学, 28(01):12~15.

郑荣才,王成善,朱利东. 2003. 酒西盆地首例湖相“白烟型”喷流岩—热水沉积白云岩的发现及其意义. 成都理工大学学报, 30(1):1~8.

曾德铭,赵敏,石新等. 2010. 黄骅凹陷古近系沙一段下部湖相碳酸盐岩储层特征及控制因素. 新疆地质, 28(02):186~190.

张军涛,胡文瑄,钱一雄,王小林,朱井泉,张洪安,苏娟,吴仕强. 2008. 塔里木盆地中央隆起区上寒武统~下奥陶统白云岩储层中两类白云岩充填物特征与成因. 沉积学报, 26(6):957~966.

朱东亚,金之钧,胡文瑄,张学丰. 2008. 塔里木盆地深部流体对碳酸盐岩储层影响. 地质论评, 54(3):348~357.

钟大康,朱敏敏,王贵文,张琴,陈祥,王敏. 2004. 南襄盆地泌阳凹陷溶孔溶洞型白云岩储层特征与分布规律. 地质评论, 50(2):162~169.

朱金富,于炳松,樊太亮. 2009. 沉积成岩环境对白云岩储层的影响. 新疆地质, 27(01):43~48.

Badke B M, Mathis R L. 1980. On the formation and occurrence of saddle dolomite. Journal of Sedimentary Petrology, 50(4):1149~1168.

- Bai Yun Feng, Wang Hua, Zheng Sheng Wang, Liao Yuan Tao, Lin Zhengliang, Huang Chuanyan. 2011. Beitaogang sag Paleogene hydrocarbon source rock characteristics and thermal evolution history simulation. *Earth Science Journal of China University of Geosciences*, 36 (3): 565 ~ 571.
- Cantrell D L, Swart P K, Hagerty R M. 2004. Genesis and characterization of dolostone, Arab-D reservoir, Ghawar field, Saudi Arabia. *GeoArabia*.
- Chang Bingzhang, Zhang Chi, Qu Tianhong, Guo Yanli, Wu Ziyu, Wang Yongmin. 2009. Beiyang sag deep sag area dolostone fracture prediction research. *Journal of Oil and Gas*, 31 (3): 202 ~ 206.
- Chen Shiyue, Cong, Yang Yongqiang, Guo Qing Xiao, Xiu Gang Pu, Huangpeng. 2012. Huanghua depression in Qikou Sag of Sha sub section of lake facies dolostone formation environment. *Journal of geology*, 86 (10): 1679 ~ 1686.
- Clyde h, mole. 2008. Carbonate reservoir layer sequence stratigraphic frame into diagenesis and pore evolution. Yao genshun, Shen Anjiang, Wen Qing pan, et al. Beijing: Petroleum Industry Press, 68 ~ 77.
- Coniglio M, Sherlock R, Williams-Jones A E, et al. 1994. Burial and hydrothermal diagenesis of Ordovician carbonates from the Michigan Basin, Ontario, Canada. *Dolostones*.
- Danies G R, Smith L B. 2006. Structurally controlled hydrothermal dolostone reservoir facies: An overview. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 90(11): 1641 ~ 1690.
- Ehrenberg S N, Eberli G P, Keramati M, Moallemi S A. 2006. Porosity—permeability relationships in interlayered limestone—dolostone reservoirs. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 90(1): 91 ~ 114.
- Feng Zengzhao, Jin Zhenkui. 1994. Types and origin of dolostones in the Lower Palaeozoic of the North China Platform. *Sedimentary Geology*, 93(3~4): 279 ~ 290.
- Feng Youliang, Zhang Yijie, Wang Ruiju etc. 2011. In the Junggar Basin in the northwestern margin of Fengcheng group dolostone genesis and oil and gas enrichment factors. *Petroleum exploration and development*, 38 (06): 685 ~ 692.
- Fu Weidong, Chen Xiang, sun Fenghua, Wang Pugui, Pei Xiang Yu, Zhang Hong. 2002. macro in Beiyang depression lake phase dolostone reservoir in performance and exploration potential. *Journal of Jiangnan Petroleum Institute*, 24 (1): 8 ~ 10.
- Guo Qiang, Zhong Dakang, Zhang Fangdong etc. 2012. Inner Mongolia Erlan Basin white sand check depression Lower Cretaceous lacustrine phase dolostone genesis. *Journal of palaeogeography*, 14 (01): 59 ~ 68.
- Huang Chuan Yan, Wang Hua, Li Hong Zhou, Ren Peigang, Liu Jun, Baiyun wind. 2009. Beitaogang sag analysis of Paleogene Shahejie three provenance system. *Earth Science — Journal of China University of Geosciences*, 34 (6): 975 ~ 984.
- Jia Chengzao, Zheng Min, Zhang Yongfeng. 2012. China unconventional oil and gas resources and exploration and development prospect. *Petroleum exploration and development*, (04).
- Jiao Cunli, he Zhiliang, Xing Xiujian, Qing Hairuo, Bizhu, Li Chengcheng. 2011. Tarim basin tectonic hydrothermal dolostone and reservoir significance. *Rock Journal* (01).
- Keith B D. 1986. Reservoirs resulting from facies-independent dolomitization; case histories from the Trenton and Black River carbonate rocks of the Great Lake areas. *Carbonates and Evaporites*.
- Li Daopin. 2003. Decision theory for efficient development of low permeability oil field. Beijing: Petroleum Industry Press.
- Li Hong, Liu Yi Qun, Zhu Yushuang. 2007. Xinjiang Santanghu basin, Permian lake facies dolostone formation mechanism of. *Acta sedimentologica Sinica*, 25 (1): 75 ~ 81.
- Li Le, Yao Guangqing, Liu Yonghe et al. 2015. The geochemical characteristics and geological significance of the main trace elements in the lower mudstone of the lower part of the lower part of Shahe formation in area, Tanggu 40 (*Journal of China University of Geosciences*), 2015 (09): 1480 ~ 1496.
- Li Le, Yao Guangqing, Yong He Liu etc. 2015. The Dagang oil field Tang 10 wells Shahejie prescription zeolite dolostone reservoir characteristics. *Journal of petroleum*, 36 (10): 1210 ~ 1220.
- Lin Senhu, Zou Caineng, Yuan Xuanjun et al. 2011. the U. S. tight oil development status and enlightenment. *Lithologic oil and gas reservoirs* (04).
- Luo Ping, Yang L, Malong. 2001. Jiuxi basin Qingxi depression depression lacustrine laminated argillaceous dolostone, clay size plagioclase causes, characteristics and oil and gas exploration significance. *Petroleum exploration and development*, 28 (6): 32 ~ 33 and 67.
- Ma Feng, Huai Xian Xu, Gu Jia Yu. 2009. Tarim Basin Cambrian dolostone genesis and reservoir set layer evolution. *Petroleum exploration and development*, 36 (2): 144 ~ 155.
- Mountjoy E W, Halim-Dihardja M K. 1991. Multiple phase fracture and fault-controlled burial dolomitization, Upper Devonian Wabamun Group, Alberta. *Journal of Sedimentary Petrology*.
- Qing H, Mountjoy E W. 1994. Formation of coarsely crystalline, hydrothermal dolostone reservoirs in the Presquile Barrier, Western Canada sedimentary basin. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*.
- Shao longyi, Han Jun, Ma Feng etc. 2010. Tarim Basin Eastern Cambrian dolostone reservoir and phased characteristics. *Acta sedimentologica Sinica*, 28 (5): 953 ~ 961.
- Su Zhaoguang. 2010. Seismic identification and prediction of lacustrine carbonate rocks in the four segment of the sand in the area of Zhan che. *Petroleum geophysical exploration*, 35 (04): 565 ~ 570.
- Sun Shaoqing. 1995. Dolomite reservoirs: Porosity evolution and reservoir characteristics. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*, 79(2): 186 ~ 204.
- Sun Shaoqing. 1995. Pore evolution and reservoir characteristics of dolostone. *Foreign oil and gas exploration* in 7 (5): 551 ~ 563.
- Sun Yu. 2007. Lacustrine carbonate rocks and reservoir characteristics in the western part of the west of the depression of the West Lake of China. Dongying: China University of Petroleum, 1 ~ 103.
- Wang Bao Quan, Qiang Zitong, Zhang Fan, Wang Xingzhi. 2009. A king, isotope geochemical characteristics of dolostone in the five sections of the Cao Wei. Ordos Basin Ordovician Majiagou Formation ditch group horse. *Geochemistry*, 38 (5): 472 ~ 479.
- Warren J. 2000. Dolomite: Occurrence, evolution and economically important associations. *Earth Science Reviews*, 52: 1 ~ 81.
- Wallace M W, Both R A, Ruano S M, et al. 1994. Zebra textures from carbonate-hosted sulphide deposits: sheet cavity networks produced by fracture and solution enhancement. *Economic Geology*.
- Wickstrom L H, Gray J D, Stieglitz R D. 1992. Stratigraphy, structure, and production history of the Trenton Limestone (Ordovician) and adjacent strata in northwestern Ohio. *Ohio Geol Survey Invest Invest*.
- Yuan Shiyi, Song Xinmin, Jean. 2004. energy resources college fractured reservoir development technology. Beijing: Petroleum Industry Press.

- Zeng Deming, Zhao Min, Shi Xin et al. 2010. Characteristics and controlling factors of lacustrine carbonate reservoir in the lower part of the lower part of the member of the lower part of the lower part of the Huanghua depression, depression. *Xinjiang geology*, 28 (02): 186 ~ 190.
- Zhang Juntao, Wen Xuan Hu, Qian Yixiong, Wang Xiaolin, Jing Quan Zhu, Hong an Zhang, Su Juan, Shi Qiang Wu. 2008. Tarim Basin in the central uplift Cambrian to Ordovician Dolostone Reservoir in the lower Ordovician layer in two types of dolostone filling features and causes. *Acta sedimentologica Sinica*, 26 (6): 957 ~ 966.
- Zhang Kuihua, Ma Liquan. 2007. Jiyang depression depression Lower Paleozoic carbonate buried hill reservoir layer study. *Petroleum geology and recovery efficiency*, (04).
- Zhao Yingcheng, Zhou Xiaofeng, Chong Xiao Wang etc. 2005. Jiuxi basin Qingxi oilfield Cretaceous argillaceous dolostone fractured reservoir characteristics and the formation of cracks control factors. *Natural Gas Geoscience*, 28 (01): 12 ~ 15.
- Zheng Rongcai, Wang Chengshan, Zhu Li Dong. 2003. Jiuxi basin first lake "white smoke type" exhalative rock — hydrothermal sedimentary dolostone discovery and significance. *Chengdu University of technology*, 30 (1): 1 ~ 8.
- Zhong Da Kang, Zhu Xiaomin, Wang Guiwen, Zhang Qin, Chen Xiang, Wang Min. 2004. In Nanxiang basin Biyang sag dissolved pore cave dolostone reservoir reservoir characteristics and distribution. *Geological review*, 50 (2): 162 ~ 169.
- Zhu Dongya, Jin Zhijun, Hu Wenxuan, Zhang Xuefeng. 2008. the influence of deep fluid on carbonate reservoirs in the Tarim Basin. *Geological review*, 54 (3): 348 ~ 357.
- Zhu Jinfu, Yu Bingsong, Fan Tailiang. 2009. The sedimentary diagenetic environment of dolostone reservoir. *Xinjiang geology*, 27 (01): 43 ~ 48.
- Zou Caineng, Zhu Rukai, Wu Songtao. 2012. conventional and unconventional oil and gas accumulation types, characteristics, mechanism and prospects: China's tight oil and gas as an example. *Petroleum*, (02).

Analysis and Practice of Oil and Gas Content Affecting Factors of Lacustrine Argillaceous Dolostone in Tangu Oilfield

JIANG Yongping¹⁾, LIU Yi²⁾

1) *Oil Production Plant of East China Branch Company, SINOPEC, Taizhou, Jiangsu, 225300;*

2) *Geology Institute of the Fourth Oil Field, Dagang Oilfield Company, CNPC, Tianjin, 300280*

Abstract: Nowadays in China, the oil and gas development of lacustrine dolostone has been industrialized in the Hetaoyuan formation of Paleogene in Biyang depression, the Xiagou formation of Cretacic in Jiuxi depression and the Fengcheng formation of Palaeozoic – Mesozoic Permian in Junsggar basin, which indicates a good evaluation prospect of the domestic likewise reservoirs. New oil and gas exploration has been discovered in the ES35 lacustrine argillaceous dolostone reservoir of Tangu Oilfield. The reservoir is interactively formed by the lamina of the argillaceous dolostone and dolomitic mudstone with unequal thickness, which is proved to be weak reduction semi – deep water lacustrine deposition by laboratory assay analysis. It has the feature of double porosity media of fracture and matrix, with the micro – mesoporous rate above 50%. It is a new nano – scale unconventional carbonate reservoir. Based on the core observation and oil/production test data of this kind of reservoir, the oil and gas content affecting factors of lacustrine argillaceous dolostone are analyzed by the thin section analysis, the X – ray diffraction analysis, the SEM analysis, the physical properties analysis, the mercury intrusion analysis and the nitrogen adsorption test at low temperature. The research results show that the ES35 oil – bearing influence factors is closely related to the diagenetic mineral components and development, the reservoir space and type, the micro – fractures development, the distribution of abnormal overpressure space, etc. The proposed evaluation analysis method has great significance for the unconventional oil exploration.

Keywords: lacustrine dolostone, unconventional reservoir, micro – fracture, overpressure space

Acknowledgements: I would like to express my thanks to CHENG Yuanzhong, LIU Yonghe, CHU Shumin, ZHANG Shaoling, ZHU Shuying from the Fourth Oil Field of Dagang Oilfield Company.

First author: JIANG Yongping, male, born in 1979. China university of petroleum (east China) master's degree in oil and gas field development, Senior engineer. Mainly engaged in reservoir evaluation and development work. Email: 914597139@qq.com

Manuscript received on: 2015-12-21; Accepted on: 2016-08-12; Edited by: LIU Zhiqiang.

Doi: 10.16509/j.georeview.2017.01.011