

文章编号:1673-5005(2008)04-0001-06

碎屑岩潜山沉积相及其与裂缝发育的关系

林承焰, 梁昌国, 任丽华, 朱永峰

(中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘要:由于布达特群沉积后经历了多期构造运动改造以及强烈的成岩作用甚至轻微的变质作用,对其沉积时期原型盆地的地质背景研究难度较大。在区域地质背景研究的基础上,根据岩心裂缝观察、成像裂缝统计以及试油显示,对苏德尔特地区布达特群潜山沉积微相及其与裂缝发育的关系进行了研究。结果表明:苏德尔特地区布达特群地层沉积相是以滨浅湖-半深湖相沉积环境背景下的扇三角洲相为主,主要发育滨浅湖的扇三角洲前缘亚相和半深湖区的前三角洲亚相,其中扇三角洲前缘亚相又可进一步分为水下分流河道、河口坝、扇末端、席状砂、水下分流间湾微相等。裂缝发育除受构造、断裂控制外,还受岩性、岩层厚度等因素的影响,因而沉积微相与裂缝的分布具有明显的相关性,即扇三角洲前缘扇末端和席状砂微相中的裂缝最为发育,试油效果最好;分流间湾、河口坝、水下分流河道微相裂缝发育依次变差,试油效果次之;前扇三角洲亚相裂缝发育最差,未见油气显示。

关键词:碎屑岩潜山; 扇三角洲; 沉积微相; 裂缝; 海拉尔盆地; 布达特群

中图分类号:TE 121.3

文献标识码:A

Sedimentary facies and relation to degree of fracture development of clastic buried hills

LIN Cheng-yan, LIANG Chang-guo, REN Li-hua, ZHU Yong-feng

(Faculty of Geo-Resource and Information in China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong Province, China)

Abstract: The research on clastic buried hills pool of Budate group in Sudeerte structural zone of Hailaer Basin finds that the influence of facies on fractures is also obvious. Influenced by structural movement, strong diagenesis and mild metamorphism, it is difficult to come back for geological background of basin during Budate group sedimentary period in Sudeerte structural zone. Based on the analyses of the regional geological background fractures description of cores, fractures statistic of imaging logs and formation testing, it is believed that Budate group is fan delta deposit of shore-shallow lake environment. The research area develops mainly fan-delta front and pre-fan delta subfacies. And the fan-delta front subfacies is subdivided into subaqueous distributary channel, mouth bar, terminal sand, sand sheet, interdistributary bay deposit, et al. The results show that besides structural movement and faulting, lithology and stratigraphic thickness affect fracture development. Sedimentary microfacies bears fine correlation with the degree of fracture development. Terminal sand, sand sheet are the most favorable places of fracture development where oil-bearing is the best. The degree of fracture development and oil-bearing are bad in turn in interdistributary bay deposit, mouth bar, subaqueous distributary channel. Pre-fan delta subfacies is the most unfavorable place of fracture development where oil is not found.

Key words: clastic buried hills; fan delta; sedimentary microfacies; fractures; Hailaer Basin; Budate group

潜山油气藏是 21 世纪石油增储上产的重要领域之一,但其裂缝性储层的复杂性在一定程度上增加了研究难度。从国内外研究现状来看,对裂缝的

识别及预测仍是目前亟待攻克的学科难题,长期以来,对裂缝储层的研究主要侧重于构造及断裂对储层的影响。苏德尔特构造带中生界布达特群主要为

收稿日期:2008-01-11

基金项目:教育部第二届高校优秀青年教师教学科研奖励基金;中国石油大庆油田有限责任公司科研项目(41100366)

作者简介:林承焰(1963-),男(汉族),福建福清人,教授,博士,博士生导师,从事储层地质学及油藏描述方面的研究。

碎屑岩沉积,由于沉积后经历了多期构造运动的改造以及强烈的成岩作用甚至轻微的变质作用,导致沉积时期原型盆地的地质背景难以恢复,这给该区沉积相的研究带来非常大的困难。笔者在区域地质背景研究^[1-2]和大量细致的岩心观察描述的基础上,综合布达特群各种沉积相标志特征,对该区沉积相进行研究,并对不同沉积微相与裂缝发育之间的关系进行探讨。

1 工区概况

苏德尔特构造带是近年来大庆油田外围盆地中的重点勘探和开发区块。构造上位于海拉尔盆地贝尔凹陷贝西和贝中生油洼槽之间的贝中隆起带上,是在三叠系布达特群古隆起基础上发育并沿北东向展布的继承性构造带,其面积为 340 km²,勘探面积约 200 km²(图 1)。

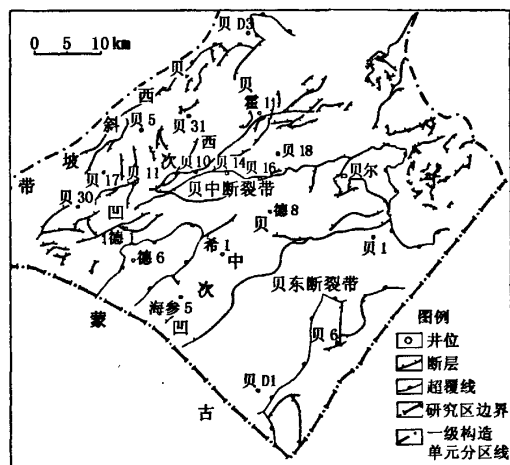


图 1 苏德尔特构造带区域构造位置图

苏德尔特地区整体呈现南北分带、东西分块的构造格局,即由西北向东南呈现断阶-断垒-断槽-断阶,其现今的构造格局主要是在侏罗纪之后形成的。目前苏德尔特构造带钻井揭示的地层主要为中生界地层,自下而上为中生界三叠系、侏罗系、白垩系、新生界新近系和第四系。其中三叠纪布达特群地层受后期剥蚀作用的影响,保留不全,岩性主要为具有轻微变质的碎屑岩岩系和火山岩岩系(零星分布),基质孔隙发育程度较差,储层主要为裂缝性储层。

2 沉积特征

2.1 岩相类型

苏德尔特构造带布达特群地层属于滨浅湖-半深湖相沉积环境背景下的扇三角洲相沉积。根据对

大量取心井的岩心观察描述,布达特群扇三角洲沉积的岩石类型多样,以灰色粉砂岩、灰绿色凝灰质粉砂岩、灰色泥质粉砂岩、砂质砾岩、灰黑色含碳泥岩、钙质泥岩、轻微变质泥岩及深灰色粉砂质泥岩为主。局部地区还分布有灰绿色凝灰岩、沉凝灰岩沉积。

(1) 砾岩相。研究区目前钻遇的砾岩多为杂色厚层砾岩,砾石成分有火山岩、沉积岩和变质岩,矿物成分以长石为主,石英次之,凝灰质胶结致密,砾石呈次棱角状,最大尺寸为 50 mm × 20 mm,最小为 10 mm × 5 mm,一般为 25 mm × 10 mm,主要为杂基支撑。此外,据岩心观察,泥砾在研究区较为常见,泥砾具有较好的磨圆度,且略具定向排列,常发育于冲刷面上。砾石距离物源近,具有近源快速堆积的特点,是扇三角洲沉积的重要特征之一。

(2) 砂岩相。砂岩是研究区最为常见的一类岩石类型,包括砾质砂岩、含砾不等粒砂岩、不等粒凝灰质砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩等,以大套细砂岩、粉砂岩、凝灰质砂岩为主。岩石薄片鉴定结果显示,本区以凝灰质、岩屑质长石砂岩、岩屑砂岩为主。砂岩中火成岩岩屑含量较高,一般为 20% ~ 50%;长石含量一般大于 30%;石英含量较低,一般为 10% 左右,具有较低的成分成熟度。分选大多较差,颗粒为次圆-次棱角状。胶结方式以孔隙式胶结为主,可见薄膜式胶结。较低的成分成熟度和结构成熟度进一步证实了为近岸快速堆积的扇三角洲特征。

(3) 粉砂岩-泥岩相。粉砂岩与泥岩的薄互层,反映一种水动力弱的环境。泥质粉砂岩或粉砂质泥岩常出现波状、脉状、透镜状层理,可见同生变形沉积构造,主要出现在扇三角洲前缘中。

(4) 泥岩相。研究区泥岩一般以深灰色、灰黑色为主,多夹粉砂岩条带,可见黄铁矿,主要发育于前三角洲亚相及扇三角洲前缘水下分流河道间湾微相中。

2.2 岩石结构特征

对岩石的粒度分析可以直观反映岩石的结构组成和分选程度。从 11 口井 49 块样品粒度分析资料绘制的粒度概率累积曲线看,布达特群粒度概率图类型较单一,缺少滚动组分,表现为“上拱弧形”-复杂多段式;悬浮总体含量高,超过 50%,分选差,粉砂级含量为 40% ~ 60%,粘土级含量为 10% ~ 20%;跳跃总体分选相对较好,以细砂岩为主,含量为 20% ~ 40%。跳跃总体和悬浮总体缓慢过渡而无明显转折点。该类曲线反映了能量高、迁移快的扇三角洲水下辫状河道所携沉积物,同时也受潮浪、潮流等多向、多组水流

影响而沉积的特征,显示了牵引流和重力流同时存在的扇三角洲沉积特征。

2.3 沉积构造特征

布达特群地层由于成岩程度高,各种沉积构造特征不明显。通过详细的岩心观察,发现研究区主要发育块状层理、递变层理、负载构造、火焰状构造、滑塌构造反映重力流水动力机制的沉积构造,显示了沉积物快速堆积的特征。在泥质粉砂岩和粉砂质泥岩中,发育波纹状、脉状、透镜状层理等,反映牵引流水动力机制的沉积机制。这说明苏德尔特构造带布达特群时期水体变化十分剧烈,既有牵引流沉积,又有重力流沉积。

3 沉积微相划分及特征

海拉尔盆地是中国东北地区在古生代褶皱基底上发育起来的中生代断陷盆地,侏罗纪和白垩纪是断陷盆地形成和发育的主要时期。在晚三叠纪地层沉积时,海拉尔盆地处于强烈的造山时期^[12],绝大部分地区抬升,苏德尔特构造带位于山前地带,砾石较为发育,沉积物成分成熟度和结构成熟度低,推断

源区距湖盆距离短,冲积扇携带的大量碎屑物质得不到充分分选就很快堆积下来,因此十分有利于扇三角洲的形成。扇三角洲是从邻近高地直接前积到稳定水体中的冲积扇,陡地势、大坡降、充足的物源供给和强水动力条件是形成扇三角洲的基本条件。

根据大量岩心观察和砂砾岩资料统计,并结合该区砂岩厚度及砂岩百分含量,认为扇三角洲沉积的物源主要来自于研究区的北部(图2)。本区扇三角洲自北部物源区向研究区方向推进,由扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲构成。顺此方向,沉积物由砾岩、砂岩、泥岩构成,泥岩颜色由浅变深,沉积构造规模由大变,反映了水动力由强变弱,流体性质由高密度流向牵引流转化。

通常以沉积环境和沉积特征为依据可以将扇三角洲相进一步划分为扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲3个亚相^[3-7]。但是受钻井条件及地层剥蚀的影响,研究区内扇三角洲平原亚相难于划分,主要发育扇三角洲前缘亚相、前扇三角洲亚相和冲积扇。

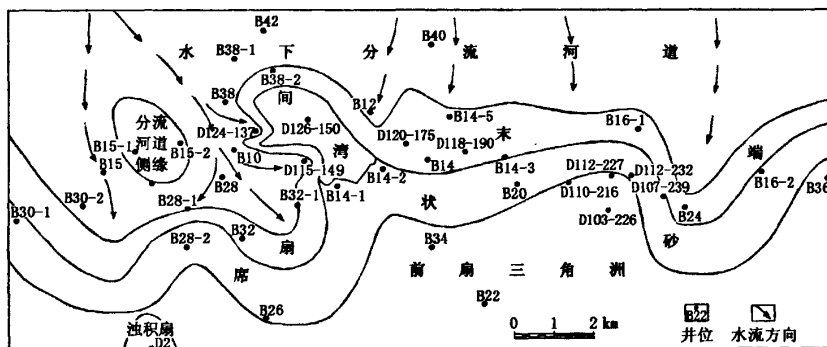


图2 苏德尔特构造带布达特群沉积相平面图

3.1 扇三角洲前缘亚相

扇三角洲前缘亚相为扇三角洲沉积的主体,基本位于扇三角洲的水下部分,由水下分流河道微相、河口坝微相、席状砂微相、前缘扇末端微相与间湾微相等组成。

(1) 水下分流河道微相。以大套灰色、杂色砾状砂岩、含砾砂岩、中粗砂岩、中细砂岩为主。扇三角洲水下分流河道是水上辫状河道入湖后向湖盆中央延伸的部分。由于受湖水影响,其能量有所降低,所携带的沉积物也受到多组水流的作用,其砂砾岩结构成熟度低,一般为杂基支撑,颗粒多为次棱角状,分选较差—中等,磨圆为次圆—次棱角状。在沉积层序上呈

粒度向上变细的正韵律,由砂砾岩、含砾砂岩过渡为中—细砂岩,单砂体厚度一般为3~10 m,地层砂岩含量大于60%,底部常发育冲刷面,与下伏地层呈侵蚀接触,内部可见块状层理、递变层理等。

(2) 河口坝微相。多为由灰色、深灰色细砂岩、粉细砂岩、粉砂岩互层构成的复合韵律沉积,砂岩为杂基支撑。扇三角洲河口坝微相有相对稳定的河道和相对较弱的湖水能量,剖面上呈粒度向上变粗的反韵律层序。受湖泊水动力的改造,研究区扇三角洲前缘河口坝沉积整体不发育,仅在局部井区发育。单砂体厚度一般为2~7 m,地层砂岩含量为40%~60%。

(3) 席状砂微相。发育于扇三角洲前缘的最前

端,因受潮流改造而形成,主要为灰色、深灰色粉砂、泥质粉砂沉积,夹深灰色、灰黑色泥岩。常见负载构造、滑塌构造形成的变形层理。砂体单层厚度为0.5~3 m,常表现为粉砂岩、泥岩的薄层交互出现,地层砂岩含量为5%~40%。

(4) 扇末端微相。本次研究将扇三角洲前缘水下分流河道与席状砂微相之间划分为扇末端微相。其岩性主要为灰色、深灰色粉细砂岩,缺乏砾岩沉积,一般为反韵律。砂体单层厚度为0.5~3 m,地层砂岩含量为40%~60%。

(5) 水下分流间湾微相。主要是指平面上夹于两个水下分流河道间,砂体粒度变细、沉积薄的部分,一般受控于湖盆底形,多发育在水下低凸起。岩性为灰色、灰绿色粉细砂岩、泥质粉砂岩。砂体单层厚度为0.5~5 m,地层砂岩含量小于40%。

3.2 前扇三角洲亚相

前扇三角洲泥质沉积微相是扇三角洲相在湖盆中延伸最远的部分,在能量较弱的条件下由悬浮物质垂向加积而成,不易与湖相泥岩区别。沉积物以致密灰—灰黑色泥岩、粉砂质泥岩为主,属于较深水条件下的沉积,含较多黄铁矿,碳化植物屑常见。

3.3 浊积扇

浊积扇由扇三角洲前缘沉积物顺坡滑塌快速堆积而成,岩性类似扇三角洲前缘砂,但杂基含量高,表现为再沉积砂岩,典型岩性特征为深灰色、黑色泥岩夹杂基支撑砾岩及中细砂岩。砾岩主要表现为递变层理,粉砂岩、泥岩与砂质条带中常见火焰构造、变形层理等具有典型重力流沉积特征的层理类型。在暗色泥岩中可见片状、层状黄铁矿。砂体单层厚度为0.5~10 m,小层砂岩含量最高可达80%。浊积扇沉积主要发育在研究区南部的局部井区。

4 影响裂缝发育的内在因素

影响裂缝分布的因素较多,概括起来主要是构造、断裂作用等外因和储层岩性、岩层厚度等内因两个方面^[8-9]。但在某一有限的区域内(如一个油田范围内),起作用的外部构造应力场基本上可看成为各向同性,而断裂对裂缝的主控作用在这里暂不作重点分析。本文中主要就储层的岩性、岩层厚度等对储层裂缝分布的影响进行详细研究。

4.1 岩性

岩性与裂缝发育程度密切相关,可以说是裂缝

形成的内因,其主要表现在岩石脆性组分的含量、岩石结构、构造的差异及岩石力学参数的不同对裂缝的控制作用。通常,脆性组分(如石英、长石、白云石、方解石等)含量高的岩石比含脆性组分含量低的岩石更容易发生破裂而具较高的裂缝密度。苏德尔特构造带布达特群21口取心井构造缝发育井段的识别结果表明(图3),随着泥质、凝灰质含量的降低和钙质含量的增加,裂缝发育程度增强。其中在泥质岩中,随着粉砂质、碳质和钙质含量的增加,构造缝密度呈增加趋势;在粉砂岩中,随着泥质、凝灰质含量的减少,构造缝密度呈增加趋势;在凝灰岩中,碳酸盐化使构造缝密度呈增加趋势。

岩石中裂缝的发育程度还常与岩石颗粒大小有关。岩石粒度大,则晶间结合不牢,粗晶矿物节理发育,晶间缝发育,裂缝发育程度降低。因此,岩石粒度增大会使裂缝密度降低。

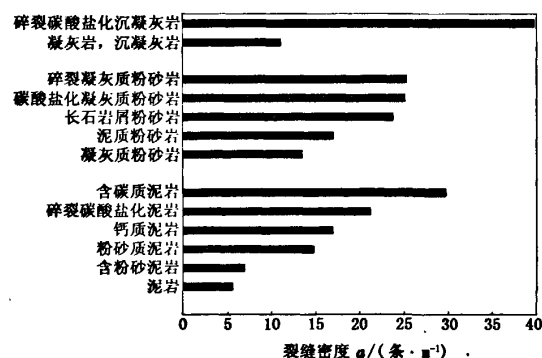


图3 地层岩性与裂缝发育程度的关系

4.2 岩层厚度

若所有的岩石参数和负载条件相同,薄层岩石比厚层岩石更容易产生密集间距的裂缝,这已从室内试验模拟、岩心观察和野外露头调查统计得到的结论所证实^[10-13]。研究区7口探井成像测井资料的裂缝统计结果表明,随着砂、泥岩单层厚度的减小,其裂缝发育程度有逐渐增大的趋势,其中单层泥岩厚度小于12 m、单层砂岩厚度小于20 m的岩性段内裂缝出现频率较高(图4)。

另外,裂缝的整体发育程度还与岩层组合有关,即岩层中脆性成分含量较高、岩石颗粒细、单层厚度较小、薄岩层的累积厚度较大,其裂缝的整体发育程度就较好;反之,则裂缝发育程度就较差。

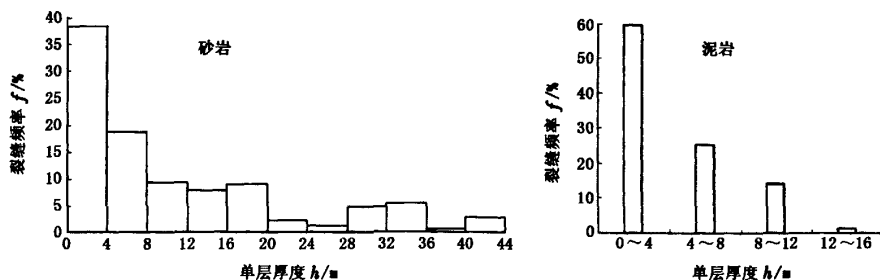


图4 裂缝分布频率与岩层厚度的关系

5 沉积相与裂缝发育的关系

布达特群扇三角洲沉积后,多期的构造运动和强烈的成岩作用甚至轻微的变质作用导致了研究区基质孔隙不发育,储集空间以裂缝为主。尽管扇三角洲沉积作为重要的油气储层已被国内外的油气勘探所证实^[8-9,14-15],但是迄今为止在扇三角洲沉积如何影响裂缝发育方面的研究却很少。如果将研究区这一有限区域的外部构造应力场基本上看成是各向同性的,那么可以认为主要由于内部沉积作用和沉积条件的变化造成不同部位沉积碎屑成分、结构、单层厚度、岩性组合等均有明显差异,从而导致了储层中裂缝发育的不均一性。影响裂缝发育的上述因素实际上可归纳为裂缝和沉积微相的关系,即在不同微相内的裂缝发育程度各不相同。因此,沉积微相的研究对于揭示裂缝的分布具有重要作用。

岩心裂缝观察及成像裂缝统计证实(图5):苏德尔特构造带扇三角洲前缘席状砂、扇末端微相主要以粉砂岩为主,分选性好,颗粒细,单层砂岩厚度小且累积厚度大,十分有利于裂缝的发育,试油验证其含油性最好;在分流河道间湾微相和河口坝微相,以砂岩、泥岩及其过渡岩性互层为主,虽然其岩石颗粒细,但泥质含量高、累积砂体厚度相对小,因此该部位的裂缝发育程度次之,试油效果次之;在分流河道微相中,砂岩颗粒变粗,成熟度变低,分选性较差,砂岩的单层厚度和累积厚度均较大,这些微相分布的部位裂缝发育程度较差,试油效果较差;在前扇三角洲亚相,主要以泥岩为主,裂缝发育程度最差,试油结果为干层。

沉积相的平面展布控制着裂缝的分布。在湖泊背景下,由于东北部及北部物源供给充足,在研究区沉积了扇三角洲前缘亚相及前扇三角洲亚相,砂岩厚度、砂岩含量整体表现出自北向南减薄、变小的趋势。研究区现今的北部断阶带部位主要发育扇三角洲前缘分流河道、分流河道间湾微相,局部发育河口

坝微相,尽管砂岩十分发育,脆性成分含量较高,但砂岩单层厚度和累积厚度大,导致裂缝间距较大,裂缝发育程度较差,从而含油性整体较差。中部断垒带部位相变为扇三角洲前缘席状砂、扇末端微相,砂岩厚度较小,并且该部位在布达特群沉积时期水体波动较大,形成了大套泥岩夹薄层砂岩的砂泥层,薄砂岩岩层的累积厚度较大,在后期构造作用下十分有利于裂缝的形成。该部位也是目前苏德尔特构造带布达特群潜山油藏勘探的主要部位。南部断槽、断阶带部位由于发育前扇三角洲亚相,以泥岩为主,岩层可塑性较强,受力后可通过其他方式更有效地消散应变,因而裂缝发育程度最差,目前一直未见油气显示。

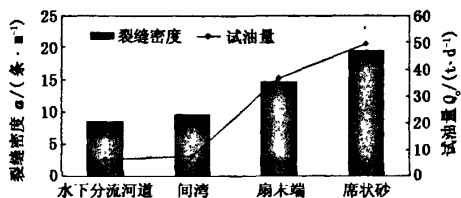


图5 沉积微相与裂缝发育程度和含油性的关系

6 结论

(1) 苏德尔特地区布达特群地层沉积相以滨浅湖-半深湖沉积环境背景下的扇三角洲相为主,研究区主要发育滨浅湖地区的扇三角洲前缘亚相和半深湖区的前三角洲亚相。

(2) 裂缝发育除了与构造、断裂关系密切以外,还与沉积微相关系密切。其中,扇三角洲前缘扇末端、席状砂微相中裂缝最为发育,试油效果最好;分流间湾微相、河口坝、水下分流河道微相裂缝发育依次变差,试油效果次之;前扇三角洲亚相裂缝发育程度最差,未见油气显示。

参考文献:

[1] 张晓东,刘光鼎,王家林.海拉尔盆地的构造特征及其

- 演化[J]. 石油实验地质, 1994, 16(2): 119-127.
- ZHANG Xiao-dong, LIU Guang-ding, WANG Jia-lin. Structural characters of the Hailaer Basin and its geological evolution[J]. Petroleum Geology & Experiment, 1994, 16(2): 119-127.
- [2] 陈守田, 刘招君, 崔凤林, 等. 海拉尔盆地含油气系统[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2002, 32(2): 151-154.
- CHEN Shou-tian, LIU Zhao-jun, CUI Feng-lin, et al. Oil-gas bearing system of Hailaer Basin[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2002, 32(2): 151-154.
- [3] WEASCOTT W A. Fan-delta sedimentology and tectonic setting yallahs fan-delta, southeast Janmaica[J]. AAPG, 1980, 64(3): 374-399.
- [4] 王寿庆. 扇三角洲模式[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 87-96.
- [5] 周书欣, 赖特 V P, 普拉特 N H, 等. 湖泊沉积体系与油气[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 137.
- [6] 赵澄林. 沉积学原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001: 91.
- [7] 赵澄林. 油区岩相古地理[M]. 东营: 石油大学出版社, 2001: 4.
- [8] 顾家裕, 何斌. 塔里木盆地轮南地区三叠系扇三角洲沉积与储集层研究[J]. 沉积学报, 1994, 12(2): 54-62.
- GU Jia-yu, HE Bin. Study on Triassic fan delta sedimentation and reservoir in Lunnan area, Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1994, 12(2): 54-62.
- [9] 曹辉兰, 华仁民, 纪友亮, 等. 扇三角洲砂砾岩储层沉积特征及与储层物性的关系——以罗家油田沙四段砂砾岩体为例[J]. 高校地质学报, 2001, 7(2): 222-229.
- CAO Hui-lan, HUA Ren-min, JI You-liang, et al. Depositional characteristics of sandstone and conglomerate reservoirs of fan delta and relationship to reservoirs' physical properties—taking the fourth member of Shahejie formation, Luoia Oilfield, Zhanhua depression for an example[J]. Geological Journal of China Universities, 2001, 7(2): 222-229.
- [10] 陈丽华, 王家华, 李应遯, 等. 油气储层研究技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000: 128.
- [11] 宋惠珍, 贾承造, 欧阳健. 裂缝性储集层研究理论与方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001: 10.
- [12] 闫伟鹏, 朱筱敏, 张琴, 等. 柳沟庄-窟窿山油藏储集层裂缝类型及特征[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 80-83.
- YAN Wei-peng, ZHU Xiao-min, ZHANG Qin, et al. The fissure type and characteristics of Liugouzhuan-Kulongshan reserveoir in Qingxi depression[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(1): 80-83.
- [13] 袁静. 沾化凹陷罗家地区沙四段顶部至沙三段泥质岩裂缝特征及其影响因素[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2003, 27(4): 20-23.
- YUAN Jing. Characteristics of fractures in argillaceous rocks of Luoia area in Zhanhua sag[J]. Journal of the University of Petroleum, China(Edition of Natural Science), 2003, 27(4): 20-23.
- [14] 杨剑萍, 赵卫卫, 姜在兴. 沾化凹陷孤北油田古近系沙三段扇三角洲沉积特征及油气储层意义[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 157-161.
- YANG Jian-ping, ZHAO Wei-wei, JIANG Zai-xing. Sedimentary characteristics and reservoir significance of Eugene Es₃ fan delta in Gubei Oilfield, Zhanhua depression[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(2): 157-161.
- [15] 钟思瑛, 邵先杰, 廖光明, 等. 苏北盆地3种退积型三角洲沉积体系及砂体储集性能对比[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(2): 26-30.
- ZHONG Si-ying, SHAO Xian-jie, LIAO Guang-ming, et al. Three delta deposition systems and reservoir property correlation Subei Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(2): 26-30.

(编辑 刘艳荣)