

文章编号: 0253-9985(2007)04-0504-07

沾化凹陷五号桩地区沙河街组三段浊流 沉积特征及储集性能

孟万斌¹, 张善文², 田波², 冯斌²

(1. 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 四川 成都 610059)

(2. 中国石化胜利油田有限公司, 山东 东营 257001)

摘要: 沾化凹陷五号桩地区古近系沙河街组三段发育两期近岸浊积扇, 是该区沙河街组三段下亚段的主力产层。扇体主要由砾岩、砂砾岩、砂岩及暗色泥、页岩组成, 砂岩成分成熟度和结构成熟度均较低。砂体主要成因类型为富砾的主沟道砂体、富砂的中扇辫状水道充填砂体和砂、泥混合的中扇前缘砂体。不同成因砂体具有不同的沉积特征、结构特征和储集性能。富砂的辫状水道砂体平均孔隙度为 13.1% ~ 13.5%, 平均渗透率为 $0.87 \times 10^{-3} \sim 5.95 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 其物性好于富砾的主沟道砂体和前缘砂体, 是主要的储集层。上、下两套扇体的储集性能也存在较大差异。上部扇体储层物性较好但油层厚度小, 含油面积小; 下部扇体储层物性较差但油层厚度大, 含油面积大。砂体的沉积特征、结构特征以及成岩作用是影响储层物性的主要因素。砂体分选好, 则物性好; 砂体结构对储集性能的控制主要表现在对储集体侧向连续性和垂向连通性的影响方面; 成岩作用则影响了储层孔隙的发育。

关键词: 储层物性; 沉积特征; 浊积扇; 沙河街组三段; 沾化凹陷

中图分类号: TE112.2

文献标识码: A

Depositional characteristics and reservoir properties of turbidites in the 3rd member of Shahejie Formation in Wuhaozhuang area, eastern Zhanhua depression

Meng Wanbin¹, Zhang Shanwen², Tian Bo², Feng Bin²

(1. State Key Lab of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059)

(2. SINOPEC Shengli Oilfield Company Ltd., Dongying, Shandong, 257062)

Abstract Two-phase proximal turbidite fans are developed in the 3rd member of Shahejie Formation in Wuhaozhuang area, eastern Zhanhua depression, and they form the major pay zones in the lower submember of the 3rd member. The fan is mainly composed of conglomerate, glutenite and dark mudstone and shale, in which the sandstone is low in both compositional maturity and textural maturity. The major genetic types of sandbodies are gravel-rich main channel sandstone, sand-rich midfan braided channel fill and midfan front lobes with mixed sand/mud. Sandbodies of different types are different depositional and textural characteristics and reservoir properties. The braided channel sandbodies have a better poroperm characteristics than that of the gravel-rich main channel sandstone and midfan front lobes, and serve as the main reservoirs with its mean porosity of 13.1% ~ 13.5% and mean permeability of $0.87 \times 10^{-3} \sim 5.95 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$. The reservoir properties also vary tremendously between the upper and lower fans with the former having better poroperm characteristics but thinner net sands and smaller oil-bearing area while the latter having average physical properties but thicker net sands and bigger oil-bearing area. It is suggested that better gradation of sandbodies means better poroperm characteristics; sandbody architectures control the reservoir properties through exerting influences upon the lateral continuity and vertical connectivity of the reservoirs, and diagenesis influences the growth

收稿日期: 2007-05-23

第一作者简介: 孟万斌 (1968-), 男, 副教授, 层序地层学、油气沉积学

of reservoir pores

Key words reservoir property; sedimentary characteristics; turbidite fan; the 3rd member of Shahejie Formation; Zhanhua depression

近年来,随着我国东部古近纪和新近纪沉积盆地油气勘探的深入,勘探目标已由构造油气藏逐渐转为构造-岩性油气藏或岩性油气藏,并且已在隐蔽油气藏勘探领域方面取得了一系列较重要的发现^[1~3],尤其是胜利油田在以东营凹陷为代表的浊流沉积体系隐蔽油气藏勘探技术、成藏机理、储层预测等方面的研究中取得了较大的进展^[4~8]。据统计,在济阳拗陷识别出的 69 个古近纪和新近纪湖相浊积岩圈闭中,含油率达 40.3%^[8]。由此可见,湖相浊积岩作为储层具有越来越重要的意义。

陆相浊流沉积发育于多种大地构造环境。刘宪斌等^[9]根据板块构造理论,将陆相浊流沉积体系的构造背景分为 3 类:离散型边缘、聚敛型边缘和转换型边缘。对于浊流沉积的类型,不同的学者从不同的研究角度出发,提出了不同的分类。有人按浊流成因分为滑塌型和洪水型,前者由滑塌重力流形成,后者由洪水重力流形成。朱筱敏^[10]根据滑塌浊积扇的沉积特征及与物源的关系,又将滑塌浊积扇划分为近源和远源两类。吴崇筠^[11]主张从浊积砂体在湖盆中分布的位置和形态来区分,将浊积砂体分为近岸浊积扇、供给水道-远岸浊积扇、断槽浊积岩体、水下隆起浊积岩体、水下冲积扇前浊积扇和三角洲前浊积透镜体等 6 类。对于济阳拗陷发育的浊积体系,国内学者多按其发育的背景划分为 3 种类型:陡坡近源浊积扇、缓坡远源浊积扇和洼陷中心滑塌浊积扇^[8 12 13]。沾化凹陷东部五号桩地区沙河街组三段下亚段(简称沙三下)发育了典型的近岸浊积扇,成为该区沙三下主要的产层。对于其沉积特征和储集性能的研究有利于进一步的勘探和开发。

1 地质背景

研究区位于济阳拗陷沾化凹陷东部,它是在中、古生界构造背景上发育起来的一个新生界断陷湖盆,为一典型的北断南超、向西南敞口的箕状洼陷,勘探面积约 300 km²,周边分别为长堤、桩西、埕东、孤岛潜山,并分别以长堤断层、桩南断层、埕东断层、孤北断层为界。主要构造单元包括

“两洼”、“三坡”和“一隆起”。研究区中部受沙河街组四段及中生界古构造的影响形成了孤北-桩南南北向的鼻状低隆起,其北接桩西潜山、南连孤岛凸起,把洼陷分为东、西两个次洼(图 1)。

本区浊流沉积集中发育于沙河街组三段(简称沙三段)中、下部。五号桩浊积扇发育于孤北洼陷五号桩油田沙三下地层中,沿长堤-五号桩断层呈近南北向展布,面积约 25~30 km²(图 2),是五号桩油田沙三段主要目的层,其探明石油地质储量占整个五号桩油田探明储量的 80%^[14]。浊积岩单层厚度最大可达 43 m,由上、下两套浊积扇组成,呈透镜状夹于深湖相泥岩中,其物源主要来自南部的孤岛潜山和东部的长堤潜山,为一典型的近岸浊积扇^[8 11 12]。

2 主要浊积砂体类型及特征

Reading 和 Richards(1994)^[15]提出了以重力流中颗粒的大小和沉积物的输送方式为主要控制因素的浊流沉积分类方案。根据颗粒的大小将浊流沉积物分为 4 类,即富砾的、富砂的、砂泥混合的和富泥的。这 4 种沉积物可以通过单水道(点



图 1 沾化凹陷东部构造位置及构造纲要

Fig. 1 Structural outline map of the eastern Zhanhua depression with structure locations overlay

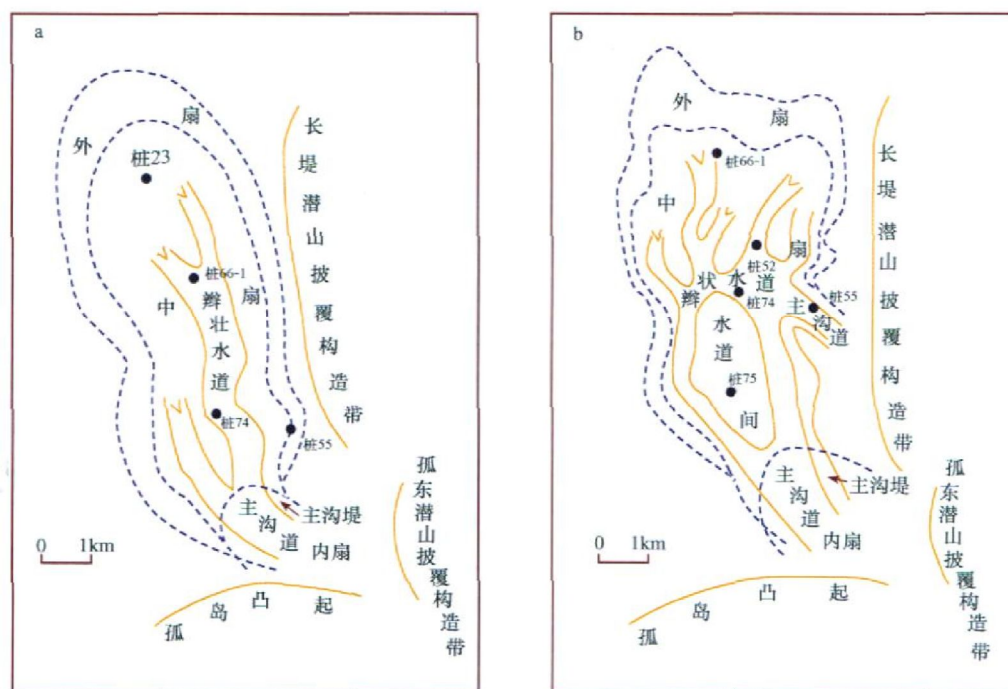
图 2 五号桩油田沙三下 4 砂组^[14]

Fig. 2 Microfacies of sand unit 4 (a) and sand unit 9 (b) of Es3 in Wuhaozhuang oilfield

a. 9 砂组; b. 沉积微相

源)、多水道(线源)或直接通过无水道的溢流从浅水区被输送到斜坡或盆底。将颗粒大小与输送体系相结合,可划分出 5 种浊流沉积的结构单元,即楔状体、水道、天然堤、席状浊积体及滑移体(图 3)。

五号桩浊积扇体主要岩石类型为杂基支撑砾岩、颗粒支撑砾岩、块状砂岩、卵石砂岩、叠覆递变砂砾岩、滑塌岩、暗色泥岩和页岩,有时含灰质和少量

的砂和粉砂。砂岩类型主要为不等粒或中-粗粒的岩屑质长石砂岩,其次为长石砂岩和岩屑砂岩(表 1)。砂岩杂基含量较高,分选中一差,颗粒以次棱角状为主,少数为次圆状。成分成熟度和结构成熟度都低的岩石学特征反映了近距离搬运和(或)高密度流的快速堆积。其中,上扇体埋深 3 200~3 300 m,砂岩最大厚度 50 m,岩性为砾岩、含砾砂

体系类型	楔状体	水道	朵体	席状体	混杂丘状体
富砾体系					
富砂体系					
富砂-泥体系					
富泥体系					

图 3 浊流沉积体系储层结构单元^[15]

Fig. 3 Structural unit of reservoirs in turbidite depositional systems

表 1 五号桩沙三段浊积扇砂岩碎屑组分统计

Table 1 Statistics of detrital components of sandstone in turbidite fan of Es3 Wuhaozhuang oilfield

井号	桩 59	桩 55	桩 77- 22- 6	桩 57	桩 50	桩 66- 1	桩 77	桩 74	桩 90	平均值
石英含量, %	47. 2	42. 7	43. 8	52. 9	49. 3	40. 8	47. 0	45. 5	55. 0	47. 1
长石含量, %	29. 7	25. 6	32. 3	32. 4	30. 1	34. 5	32. 0	33. 0	29. 5	31. 0
岩屑含量, %	22. 8	32. 5	22. 9	14. 7	20. 7	22. 8	18. 0	20. 8	15. 5	21. 2

岩、长石细砂岩及粉砂岩, 岩块含量高达 55%; 下扇体埋深 3 550~ 3 750 m, 砂岩最大厚度达 130 m, 岩性以细砂岩为主, 其次为粉砂岩及含砾砂岩。

内扇主沟道主要充填富砾浊积岩, 以桩 55 井、桩 59 井为典型代表 (图 4), 分布于长堤一五号桩边界断层附近。岩石类型以灰色、灰白色块状砾岩、含砾砂岩为主, 砾径大小不一, 大者可达 70 mm, 分选极差, 多呈次棱角状, 砾石杂乱排列, 在砂、砾岩的泥质夹层中有时可见滑动变形构造。颗粒之间为砂泥充填, 反映出低成熟度岩类的特点。测井曲线形态多为箱形, 并由于其侧向和垂向由厚层砾岩突然相变为泥岩, 造成井间对比困难。该类浊积岩主要为碎屑流成因的沟槽 (分选差) 或水道 (有一定分选) 充填沉积。

主沟堤是发育在主沟道两侧的水下天然堤沉积, 主要岩石类型为中- 细砂岩夹薄层泥质粉砂岩, 属于鲍玛层序中的 CDE 段组合类型, 为低密度重力流沉积。自然电位 (SP) 曲线呈低幅度锯齿状, 视电阻率曲线也为锯齿状。

中扇辫状水道充填富砂浊积岩, 是本区主要的浊积岩类型, 以主要发育砂质含量高 (> 70%) 的

水道充填为特征。该类浊积岩在本区以桩 74 井、桩 57 井为典型代表, 岩性以含砾砂岩、块状砂岩为主, 少量砂砾岩、砾岩和粉细砂岩; 以发育粗糙平行层理、块状层理和正递变层理为主, 个别大型交错层理及反递变、双向递变层理; 显示向上变细层序, 单层厚度 1~ 5 m; SP 曲线为高幅箱形、钟形及其组合 (图 5)。桩 74 井浊积扇沉积的 C-M 图上有两种图型: 一种为 Q-R 型, 表示均匀悬浮沉积, 主要出现在旋回的中部和上部, 与鲍玛序列中的 B 段和 C 段相当; 另一种为 P-Q-R 型, 表示沉积物以递变悬浮为主, 兼具滚动搬运的特点, 主要出现在旋回的底部, 与鲍玛序列中的递变层理发育段相当。

中扇前缘砂体在平面上呈席状或朵状展布, 形成席状或朵状浊积岩, 相当于 Reading 和 Richards 的砂、泥混和浊积岩, 它是介于富砂浊积岩和富泥浊积岩之间的一种过渡类型, 砂质含量中等 (50% 左右)。如桩 601 井 3 583. 5~ 3 586. 5 m 为浅灰色块状中- 细砂岩、粉砂岩与灰黑色泥岩组成的不等厚互层, 泥岩中见砂质变形条带及植物碎屑化

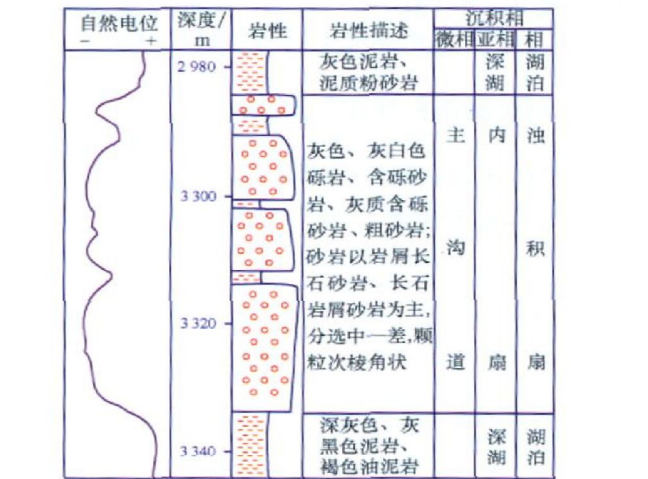


图 4 桩 55 井富砾浊积岩剖面特征

Fig. 4 Sand-rich turbidite section of Well Zh- 55

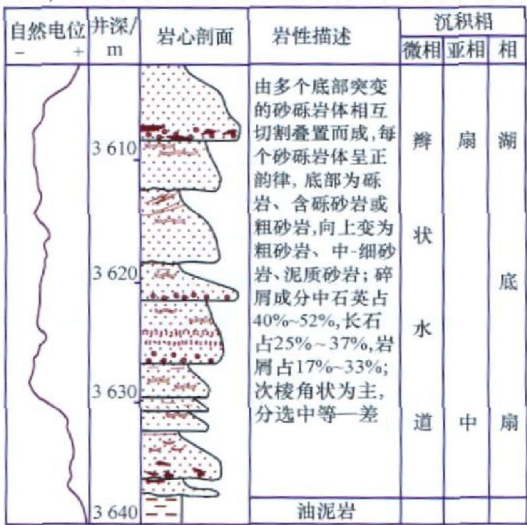


图 5 桩 74 井岩心剖面上浊积扇
辫状水道沉积特征

Fig. 5 Core section showing the depositional characteristics of braided channel in turbidite fan in Well Zh- 74

石,砂岩局部夹有泥质条带,发育变形层理,层面见有大量炭屑,泥岩撕裂屑常见;构成多个 BCD 序,粒度概率曲线为不明显的多段式,总体斜率较低,跳跃总体不发育;SP 曲线为中-高幅钟形(图 6)。粒度概率分布曲线表现为不同的形态,其中以平缓上拱的弧形为主,其次为典型的两段式曲线,主要由跳跃总体组成,悬浮总体占 30%左右,分选较差。这种曲线类型表现出随浊流强度和沉积速率的降低,重力流向牵引流转化的特点。

3 储层物性特征及影响因素

3.1 储层物性特征

较之孔隙度来说,储层的渗透率对颗粒大小

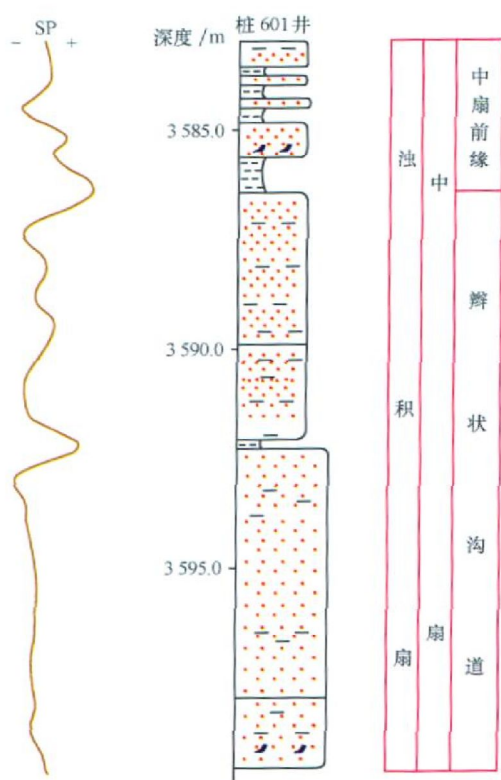
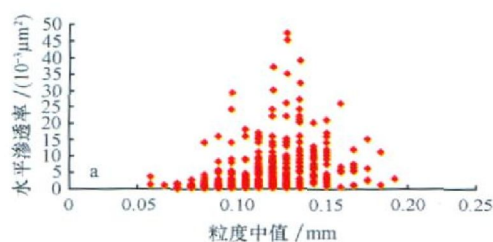


图 6 五号桩浊积扇中扇岩心剖面

Fig. 6 Core section of middle Wuhaozhuang turbidite fan



和分选性更为敏感^[10]。五号桩浊积扇富砂的辫状水道和中扇前缘砂体的分选性较主沟道富砾砂体要好,前者分选系数平均为 1.51(桩 74 井),后者分选系数为 1.64(桩 591)。从图 7 可看出,在粒度中值为 0.15 mm 即细砂附近,水平渗透率最大,大于或小于该值渗透率降低(图 7a),这是由于粒度中值为 0.15 mm 左右的砂岩分选性最好(分选系数最小)的缘故(图 7b)。

岩心物性结果表明,五号桩浊积扇的成因砂体中,辫状水道砂体的孔隙度和渗透率较主沟道砂体和中扇前缘砂体略好,并具有从近源向远端物性变差的趋势。如相对近源的桩 74 井辫状水道砂体的孔隙度为 3.8% ~ 20.2%,平均为 15.3%,水平渗透率为 $0.06 \times 10^{-3} \sim 91.00 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;平均值为 $5.95 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;而位于中扇偏远端一侧的桩 23 井孔隙度为 2.2% ~ 21.7%,平均值为 13.1%,水平渗透率介于 $2.20 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 与 $0.06 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,平均值为 $0.87 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。中心微相砂体也有相似的规律。主沟堤微相的物性明显低于辫状沟道砂体的物性,而与远端的中扇前缘砂体较接近(表 2)。

此外,上、下两套扇体储集性能也存在较大差异。上扇体岩心分析平均孔隙度为 18.1%,空气平均渗透率 $240.00 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储层物性较好,但油层厚度小(平均油层厚度 11.1 m),含油面积小(15.1 km^2),地质储量相对较少($1380 \times 10^4 \text{ t}$);下扇体岩心分析孔隙度为 12.5% ~ 16.2%,空气平均渗透率为 $4.70 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储层物性较差,但油层厚度大(平均油层厚度 31.0 m),含油面积大(23.6 km^2),地质储量多(探明储量 $3509 \times 10^4 \text{ t}$)。

3.2 砂体结构对储集性能的影响

总体来说,浊积岩储层的大小、形态及内部砂体的分布是控制储层最终产能的主要因素,而组

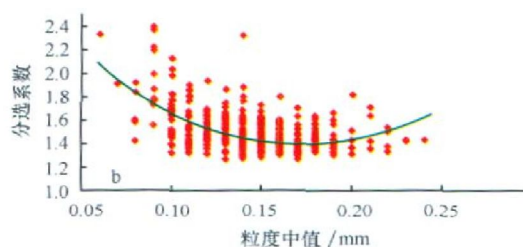


图 7 桩 74 井粒度中值与渗透率 a) 及分选系数 b) 的关系

Fig. 7 Median grain size vs permeability (a) and sorting coefficient (b) in Well Zh-74

表 2 五号桩浊积扇主要成因砂体物性参数特征

Table 2 Porosities and permeabilities of the main sandbodies in Wuhaozhuang turbidite fan

砂体类型	桩 74		桩 23		桩 77	
	孔隙度, %	水平渗透率 / ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	孔隙度, %	水平渗透率 / ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	孔隙度, %	水平渗透率 / ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)
辫状水道	3.8~ 20.2 (15.3)	0.06~ 91.00 (5.95)	2.2~ 21.7 (13.1)	0.06~ 25.35 (0.87)	—	—
中扇前缘	3.8~ 19.9 (14.1)	0.07~ 45.00 (3.42)	4.2~ 23.6 (13.7)	0.05~ 3.88 (0.63)	—	—
主沟堤	—	—	—	—	17.2~ 5.9 (13.8)	2.17~ 0.04 (0.77)

注: 括号内为平均值; 数据来源为胜利油田勘探数据库

表 3 不同类型浊积岩连续性、连通性和储层物性定性分析^[16]

Table 3 Qualitative analysis of continuity, connectivity and reservoir properties of different turbidite facies

浊积岩结构单元	侧向连续性	垂向连通性	垂直渗透率或 水平渗透率	孔隙度或渗透率
下部水道充填	低	高	可变	较高
上部水道充填	高	低	低	较低
近端堤岸	低	高	可变	较高
远端堤岸	高	低	低	较低
均一席(朵)状浊积岩	高	高	高	较高
成层浊积岩	高	低	低	较低
泥质碎屑沉积	可变	可变	高	低

成浊积岩储层的主要结构单元是浊积水道充填砂体、席状(朵状)浊积体和溢岸(天然堤)沉积。不同的结构单元由于其连续性和垂向连通性的不同而具有不同的储层特征。水道充填浊积岩底部由粒度较粗的厚层岩层组成,侧向连续性较差,但垂向连通性好,孔渗性较好;往上粒度逐渐变细、层厚变薄,侧向连续性变好,但垂向连通性变差,孔渗性较差(表 3)。如桩 74 井 3 600~ 3 620 m 取心井段由几个水道充填单元组成,每一单元的垂直渗透率有从下往上变小的趋势(图 8)。该类水道多呈辫状沿扇体倾向方向延伸。

席状(朵状)浊积岩包括均一的和成层的两种类型。均一的席状(朵状)浊积岩具有较好的侧向连续性和垂向连通性,孔渗性较好;而成层的浊积岩侧向连续性好,但由于受泥岩夹层的分隔而垂向连通性差,孔渗性较差(表 3)。沿扇体倾斜方向,均一的席状浊积岩会逐渐变为层状浊积岩。

3.3 成岩作用对储集性能的影响

研究区发育的储集空间主要有粒间孔隙、溶蚀孔隙和微孔隙^[17]。粒间孔主要是原生孔隙和改

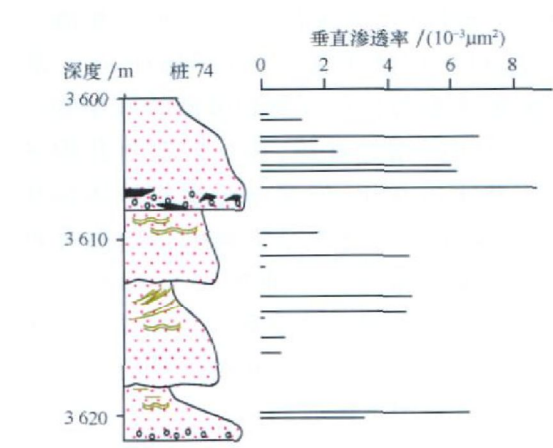


图 8 桩 74 井水道充填砂体垂直渗透率

Fig.8 Kv of channel-fill sandstone in Well Zh-74

造后的原生孔隙,包括原生粒间孔和未被填隙物(如石英次生加大、粘土等)充填的粒间孔。溶蚀孔隙主要由长石、岩屑等不稳定颗粒被选择性溶蚀形成。微孔隙的孔径小于 2 μm,既有原生的又有次生的,主要包括原生杂基微孔隙、粒内微溶蚀孔隙以及被溶蚀的高岭石和碳酸盐等胶结物内半径小于 0.5 μm 的晶间微孔隙。

影响储层储集性能的主要成岩作用是压实作

用、胶结作用和溶蚀作用;且随埋深增加,成岩强度加大,储集层物性逐渐变差。压实作用对不同成因类型的砂体影响程度不同,这主要是由它们的结构和物质成分差异造成的。主沟道和辫状水道砂体由于砂层厚度较大、颗粒较粗,抗压实能力相对较强,压实后原生孔隙仍然相对较多,更有利于酸性溶液的进入,易于晚期发生溶蚀,而不利于自生高岭石等胶结物的沉积和充填孔隙,残余粒间孔和各类次生溶孔保存较多,在桩 50 井、桩 74 井都可见到原生孔和溶蚀孔隙。其他类型砂体抗压实能力较弱,颗粒间以线接触为主,残余粒间孔保存较少,且孔隙喉道细小。

本区浊积砂岩中主要的胶结物为碳酸盐(方解石)和石英次生加大。碳酸盐胶结和自生矿物充填作用导致孔隙度降低、孔隙喉道堵塞、渗透性变差,但胶结作用造成的支撑性可减缓因埋深增加而产生的压实作用的效应,使部分原生孔隙得以保存,有利于后期的化学压溶作用、溶蚀作用和各种次生孔隙的发育。

由于研究区浊积扇体被包围在巨厚的暗色生油岩中,生油岩在成熟演化过程中形成含有机酸的溶液进入砂层后,在高温、高压下使有机酸与无机物发生反应,促使大量次生孔隙的产生。溶蚀作用不仅可以增加孔隙,还可以改善孔隙的连通性。辫状水道微相、中扇前缘微相砂体杂基含量少,若孔隙中胶结物含量低则残余粒间孔可以直接作为后期溶蚀作用的通道,若胶结物含量高也能在酸性水的作用下被溶解。铸体薄片分析资料显示,辫状水道砂体中大量残余粒间孔是在胶结和溶蚀综合作用下形成的。

4 结论

1)五号桩地区沙三段发育上、下两套近源浊积扇。上部扇体储层物性较好但油层厚度小,含油面积小,地质储量少;下部扇体储层物性较差但油层厚度大,含油面积大,地质储量大。

2)浊积扇主要砂体成因类型为富砾的主沟道砂体、富砂的中扇辫状水道充填砂体和砂、泥混合的中扇前缘砂体,其中富砂的中扇辫状水道和中扇前缘砂体是主要的储集层。

3)受砂体结构的影响,水道充填砂体孔渗性从下往上逐渐变差;均一席状浊积岩孔渗性较成层的席状浊积岩孔渗性好。

4)储层储集空间主要为粒间孔、溶蚀孔和微孔隙,其发育主要受压实作用、胶结作用和溶蚀作用等成岩作用的影响。

参 考 文 献

- 1 邱桂强,陈冬霞,张俊.牛庄洼陷岩性油藏含油气性及主控因素[J].石油与天然气地质,2004,25(3):284~287
- 2 杨玉峰.松辽盆地岩性油藏形成条件与分布规律[J].石油与天然气地质,2004,25(4):393~399
- 3 张海娜.渤海湾盆地埕岛油田馆上段沉积相研究[J].石油实验地质,2007,29(1):52~51
- 4 王居峰,郑和荣,苏法卿.东营凹陷中带沙河街组三段浊积体储层特征类型与成因[J].石油与天然气地质,2004,25(95):528~532
- 5 李素梅,庞雄奇,邱桂强,等.东营凹陷陡坡带隐蔽油气藏的形成与分布[J].石油与天然气地质,2004,35(4):416~421
- 6 金武弟,王英民,刘书会,等.东营凹陷下第三系低位域沉积及非构造圈闭[J].石油与天然气地质,2003,24(3):249~252
- 7 尹太举,张昌民,李中超.东营凹陷滑塌浊积岩沉积特征及油气藏勘探技术[J].石油与天然气地质,2006,27(1):93~98
- 8 Chen Dongxia, Pang Xiongqi, Li Pilong et al. Hydrocarbon accumulation in lacustrine turbidite in the Rift Basin, Bohai Bay[J]. Petroleum Science, 2006, 3(1): 12~26
- 9 刘宪斌,万晓樵,林金逞,等.陆相浊流沉积体系与油气[J].地球学报,2003,24(1):61~66
- 10 朱筱敏,信荃麟,刘泽容.陆相断陷湖盆中滑塌浊积扇的识别[J].科学通报,1991,36(7):535~537
- 11 吴崇筠.湖盆砂体类型[J].沉积学报,1986,4(4):1~24
- 12 Bai Guoping, Zhang Shanwen. Depositional patterns and oil/gas accumulation features of Sha-3 Member turbidites in Dongying Depression, Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Science, 2004, 1(2): 105~110
- 13 Yan Jihua, Chen Shiyue, Jiang Zaixing et al. Seismic and flux-turbidite in front of delta[J]. China University of Mining & Technology(English Edition), 2005, 15(1): 26~31
- 14 王离迟,王朝安,马英俊,等.五号桩油田沙三段下亚段沉积微相特征[J].复式油气田,2000,(2):36~39
- 15 Reading H G, Richards M. Turbidite systems in deep-water basin margins classified by grain size and feeder system[J]. AAPG Bulletin, 1994, 78: 792~822
- 16 Slatt R M, Weimer P. Turbidite systems(Part 2): subseismic-scale reservoir characteristics[J]. The Leading Edge, 1999, (5): 562~567
- 17 赵勇生,马玉新,纪友亮,等.五号桩—长堤地区沙河街组砂体储集性及控制因素研究[J].石油勘探与开发,2003,1(3):107~111

(编辑 李 军)