

鄂尔多斯盆地直罗油田长8油层组储层特征研究

肖晓光 李群

(中南大学有色金属成矿预测教育部重点实验室, 地球科学与信息物理学院, 湖南长沙410083)

摘要:本文应用岩石薄片、铸体薄片、扫描电镜、压汞实验等测试分析资料,对直罗油田延长组长8油层组储层的岩石学特征、物性特征、孔喉结构及孔喉类型等进行深入研究,试图探明该储层储集性能,为该区的勘探工作打好基础。结果表明,以水下分支河道沉积为主体的长8油层组储集砂体主要为长石砂岩、岩屑长石砂岩,成分成熟度较低,结构成熟度中等;储集空间为粒间孔、粒内溶孔和晶间孔;储层物性较差,为典型的低孔低渗储层。物源方向、沉积相的展布控制了储层平面上的物性;垂向上压实作用和胶结作用对储层物性起破坏作用,溶蚀作用则对储层物性的改善有建设作用。

关键词:直罗油田;储层特征;成岩作用;延长组;鄂尔多斯盆地

中图分类号:TE122.2³ **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)01-0187-10

直罗油田位于鄂尔多斯盆地东南部富县境内(图1),构造上属于二级单元陕北斜坡,该斜坡为西倾单斜,内部构造简单,缺乏构造圈闭^[1]。一直以来,该区只有侏罗系延安组和三叠系延长组长2、长6油层组为延长油矿进行油气勘探和开发的主要目的层,寻找隐蔽型岩性圈闭,即寻找储集岩发育的有利区和储层发育层位等成为该区油气勘探的关键所在^[2-4]。近年来,勘探开发技术的发展,为直罗油田带来了新的开发前景,发现了包括长8油层组在内的多套新的含油层组^[5-6],在完井的79口探井中,有9口在对长8油层组进行的试油、试采时获得工业油流,然而对长8油层组储集性能缺乏全面了解制约着勘探工作的进一步实施^[7]。已有的研究表明,长8油层组主要发育三角洲沉积,其中水下分支河道和水下天然堤是主要的油气储集层。本文旨在对直罗油田上三叠统延长组长8油层组碎屑岩储层的岩石学特征、储层物性特征以及孔隙类型和结构特征研究的基础上,深入探讨储层特征及其

影响因素,为进一步油气勘探和开发提供一定的理论依据。

1 储层特征

1.1 储层岩石学特征

依据18口取心井岩心观察及铸体薄片鉴定资料统计,直罗油田长8油层组储层岩性主要为长石砂岩、岩屑长石砂岩(图2),陆源碎屑含量为75%~100%,平均86.8%,其中长石含量最多,一般占碎屑总量的体积分数为42%~76%,平均57.8%,以正长石为主,其次为钾微长石和斜长石;石英含量相对较少,一般占碎屑总量的体积分数为14%~26%,平均为20.9%;岩屑占碎屑总量的体积分数为3%~9%,平均5.3%,常见岩屑为火成岩岩屑、沉积岩岩屑以及变质岩岩屑,以变质岩岩屑为主。填隙物含量为2%~15%,平均6.1%。

在结构上以粉砂岩为主,细砂岩次之,最大粒径0.25 mm,主要粒径变化于0.03~0.06 mm,颗粒分

收稿日期:2013-03-16;改回日期:2013-11-06

基金项目:国家科技重大专项课题(2008ZX05002-005)资助。

作者简介:肖晓光,男,1988年生,硕士生,主要从事储层地质学研究;E-mail: xiaoxiaoguangde@163.com。

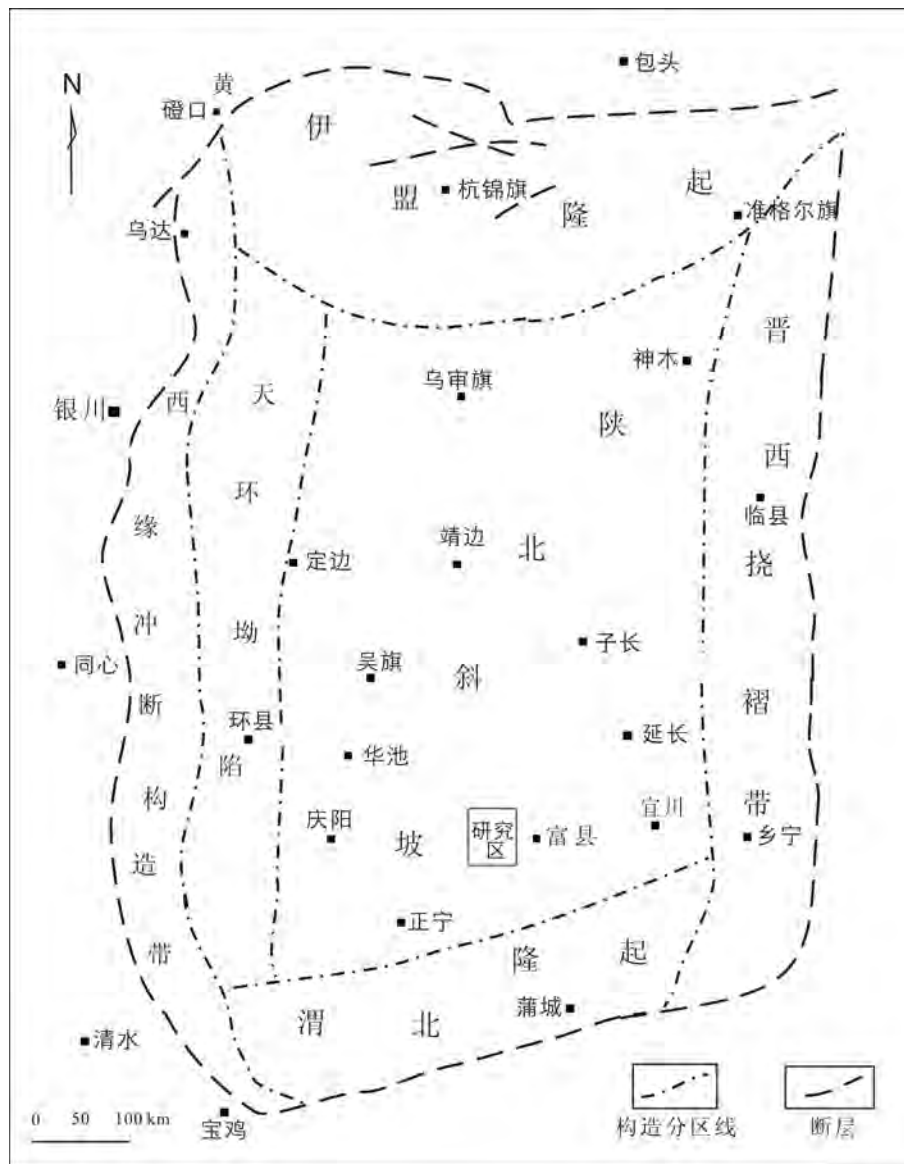


图1 研究区位置图

Fig.1 Location of the study area

选性好,磨圆度中等,多为次圆一次棱角状,结构成熟度属于中等;岩石的支撑类型为颗粒支撑;颗粒之间以点一线接触为主,局部见线接触;胶结类型为基底式和孔隙式胶结,以孔隙式胶结为主,少量薄膜式、镶晶式或压嵌式胶结。

1.2 储层物性特征

储层物性特征是储层储集性能的决定性因素,孔隙度和渗透率的大小是其最直观的表达^[8]。根据研究区内27口井134块样品的物性分析数据统计结果(表1),直罗油田长8油层组储层孔隙度主要分

布范围为5.5%~11.7%,平均孔隙度为7.8%;渗透率主要分布范围为 $0.020 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 0.754 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均渗透率为 $0.272 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储层主要为低孔、低渗储层。大部分样品的孔隙度与渗透率之间存在着较好的正相关关系(图3),即随着孔隙度的增加,渗透率也随之增加,说明该区储层渗透能力主要受基质孔隙和喉道发育程度控制^[9]。

1.3 孔隙类型和孔隙结构特征

对研究区内FX18、FX77两口井的岩石薄片、铸体薄片观察及扫描电镜分析表明,直罗油田长8油

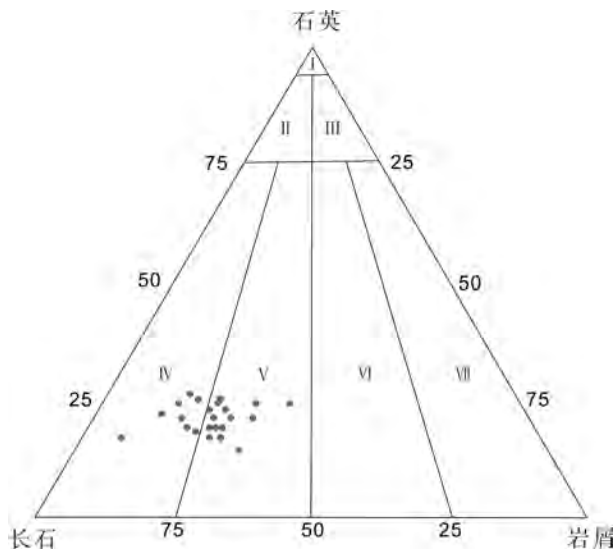


图2 直罗油田长8油层组砂岩组分

I—石英砂岩; II—长石石英砂岩; III—岩屑石英砂岩; IV—长石砂岩; V—岩屑长石砂岩; VI—长石岩屑砂岩; VII—岩屑砂岩

Fig.2 Sandstone components of Chang 8 reservoir in the Zhiluo oil field

I—Quartz sandstone; II—Feldspar-quartz sandstone; III—Lithic quartz sandstone; IV—Feldspathic sandstone; V—Debris-feldspathic sandstone; VI—Feldspathic lithic sandstone; VII—Lithic sandstone

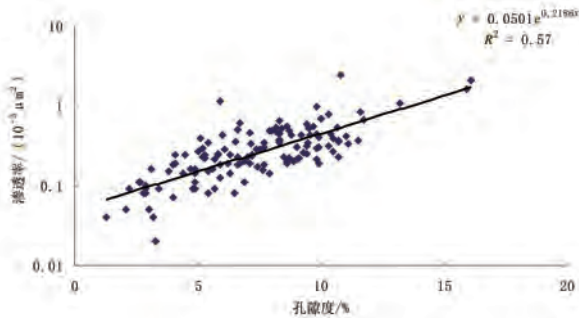


图3 孔隙度与渗透率关系图

Fig.3 Relationship between porosity and permeability

层组储层孔隙类型主要为粒间孔(图4-a)、晶间孔(图4-b)和粒内溶孔(图4-c),其次还发育少量微裂缝(图4-d),孔径变化区间为0~105.0 μm,多为0~60.0 μm,主要为大、中孔;喉道类型以片状或弯片状为主,喉道半径变化区间为0~22.5 μm,多为0~9.49 μm,主要为细喉、较细喉。根据直罗油田长8油层组储层取芯样品的压汞资料分析:本区长8储层毛管压力曲线平台段不明显,以陡斜型为主。排驱压

表1 长8油层组孔隙度与渗透率统计
Table 1 Statistics of porosity and permeability in Chang 8 reservoir

井号	样品数	孔隙度 / %	渗透率 / (10 ³ μm ²)
FX15	7	2.1~6.6	0.05~0.23
FX25	2	1.3~4.8	0.04~0.09
FX26	3	8.7~10.0	0.48~0.68
FX28	7	4.0~10.8	0.07~2.44
FX29	4	5.7~8.6	0.19~0.64
FX30	3	4.9~6.9	0.11~0.19
FX33	5	2.9~8.2	0.10~0.53
FX34	4	3.0~4.9	0.02~0.09
FX39	4	4.9~5.4	0.11~0.34
FX40	8	6.7~11.5	0.19~0.97
FX41	2	7.2~7.7	0.18~0.24
FX43	3	6.6~8.3	0.30~0.50
FX45	5	3.4~10.7	0.30~0.50
FX47	8	2.7~9.7	0.11~0.55
FX54	3	2.9~6.5	0.08~0.14
FX55	2	5.2~5.8	0.24~0.29
FX56	2	7.2~8.8	0.24~0.43
FX58	7	5.0~9.8	0.15~0.46
FX73	3	4.0~11.1	0.18~0.33
FX77	10	5.9~11.7	0.12~0.65
FX84	6	5.1~9.8	0.20~0.47
FX85	4	2.9~5.9	0.09~1.15
FX87	10	2.2~10.5	0.09~0.44
FX90	4	5.7~11.0	0.09~0.41
FX91	13	8.3~12.9	0.21~2.07
FX92	2	8.3~9.7	0.46~0.55
FX93	3	3.2~11.6	0.04~0.83

力范围分布较大,为0.5~8 MPa,平均3.74 MPa;中值压力11.21~94.33 MPa,平均30.74 MPa;最大孔隙半径为0.02~1.00 μm,平均0.27 μm;平均孔隙半径0.02~0.25 μm,平均0.07 μm;喉道分选系数1.06~4.91,平均2.51;退汞效率16.85~45.26,平均28.71(表2)。

综合上述资料,长8油层组排驱压力较高,中值压力较大,岩石致密;孔隙半径小,喉道中值小,孔隙分选差,渗透率低;退汞效率低。依据前人对延长组储层孔隙的分级标准,本区孔隙结构类型属于中孔隙、微细喉道型。长8油层组表现为低孔低渗的特点,非均质严重,驱油效率低,开采困难。

2 储层物性影响因素

2.1 沉积相带对储层物性的影响

沉积相是控制储层岩石发育和分布的先天性

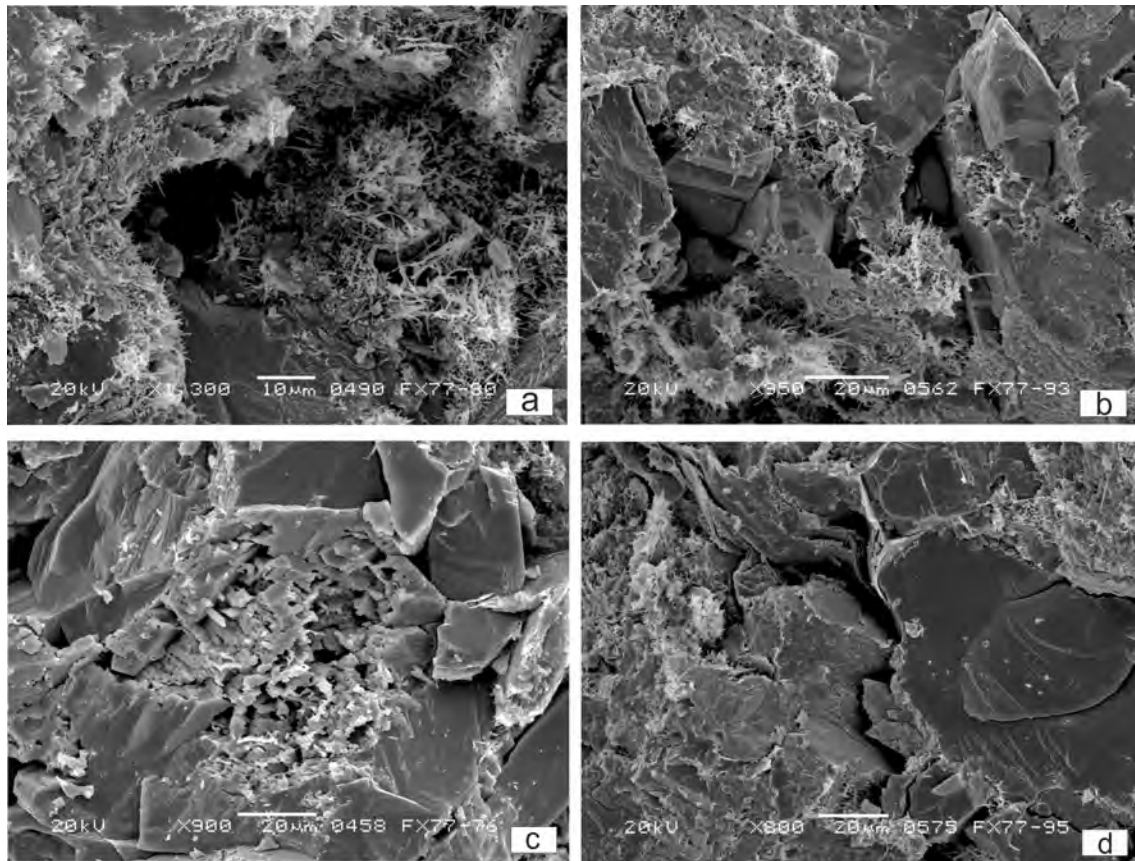


图4 长8储层主要孔隙类型

a—一片丝状伊利石充填于粒间孔隙中,见粒间次生溶蚀孔,FX77井,979.55 m,扫描电镜;b—晶间孔,FX77,981.03 m,扫描电镜;c—长石晶体溶蚀淋滤形成粒内次生溶蚀孔,FX77井,979.05 m,扫描电镜;d—一片状云母呈波浪状,见微缝,FX77井,981.28 m,扫描电镜

Fig. 4 Pore types in Chang 8 reservoir

a—Piece of filamentous illite filling in intergranular pore, with interparticle secondary dissolved pore, FX77 well, 979.55m, scanning electron microscope; b—Intercrystal pore, FX77 well, 981.03m, scanning electron microscope; c—Dissolved and leached feldspar particles forming intragranular secondary dissolved pore, FX77 well, 979.05m, scanning electron microscope; d—Wavy flake mica, with cracks, FX77 well, 981.28m, scanning electron microscope

表2 长8储层孔隙结构特征参数统计

Table 2 Statistics of the characteristic parameters of porosity texture in Chang 8 reservoir

层位	参数	孔隙度 /%	渗透率 /($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	排驱压力 /MPa	中值压力 /MPa	最大孔喉半径 / μm	平均孔喉半径 / μm	喉道分选系数	歪度	退出效率
C6	最大值	14.9	7.248	8.00	73.5	2.50	1.43	5.39	1.85	38.32
	最小值	5.5	0.036	0.06	0.74	0.06	0.03	1.43	0.06	10.86
	平均值	10.1	0.626	1.01	20.10	1.09	0.41	3.06	1.32	23.64
C7	最大值	9.1	0.164	5.00	33.15	0.25	0.08	1.79	1.52	33.35
	最小值	4.1	0.032	2.00	11.67	0.10	0.03	1.11	1.12	31.88
	平均值	7.4	0.105	3.00	21.07	0.20	0.06	1.46	1.35	32.38
C8	最大值	12.9	2.440	8.00	94.33	1.00	0.25	4.91	1.66	45.26
	最小值	1.30	0.020	0.50	11.21	0.02	0.02	1.06	0.57	16.85
	平均值	7.81	0.272	3.74	30.74	0.27	0.07	2.51	1.23	28.71
C9	最大值	8.8	1.160	7.00	73.50	1.60	1.11	5.46	1.51	36.29
	最小值	4.7	0.015	0.10	1.84	0.06	0.02	0.93	1.03	21.74
	平均值	6.5	0.156	2.41	36.22	0.41	0.22	2.67	0.92	29.08

地质因素,不同沉积环境下形成的砂岩岩性特征不同,从而导致储层的物性也大不相同^[10-11]。工区储层碎屑组分粒度较细,粒径分布范围较大,碎屑组分总量较低,填隙物含量相对较高,并富含白云质胶结物。根据盆地勘探经验和结果,结合研究区实际,发现长8油层组的分布受沉积微相的影响和制约,根据该区沉积微相和油层厚度关系图可以看到,油气绝大多数分布在水下分支河道和天然堤沉积砂体之中(图5),不同沉积微相砂岩的孔、渗统计结果表明,湖泊三角洲沉积体系中的水下分支河道储层物性较好,天然堤次之(表3)。

延长组长8油层组砂岩粒径的大小对储层物性的制约与沉积环境对储层物性的控制具有比较好的一致性,研究区内砂岩粒径与储层物性之间呈现比较明显的正相关性。一般来说,砂岩的粒度越细,杂基含量越高,孔隙度和渗透率呈现随粒径减

小、杂基含量增高进而迅速降低的特点^[12-13]。长8油层组主要以含有少量杂基的粉—细砂岩为主,决定了本区储层低孔低渗的特点。

2.2 成岩作用对储层物性的影响

通过显微镜岩石学鉴定、铸体薄片和扫描电镜观察研究表明,本区长8油层组砂岩主要发生机械压实作用、胶结作用和溶蚀作用等成岩作用。这几种成岩作用在埋藏成岩过程中对砂岩原生孔隙的保存、破坏和次生孔隙的发育都有一定影响,其影响主要包括破坏和改善两个方面,机械压实作用和胶结作用对储层物性起破坏作用,而溶蚀作用对改善储层物性起着积极的作用^[14-15]。

(1)机械压实作用

机械压实作用使颗粒在重荷压力下被压致密,是导致原生孔隙度降低的主要原因之一^[16-17]。储集岩的矿物成分决定着抗压效果的好坏,砂岩碎屑颗

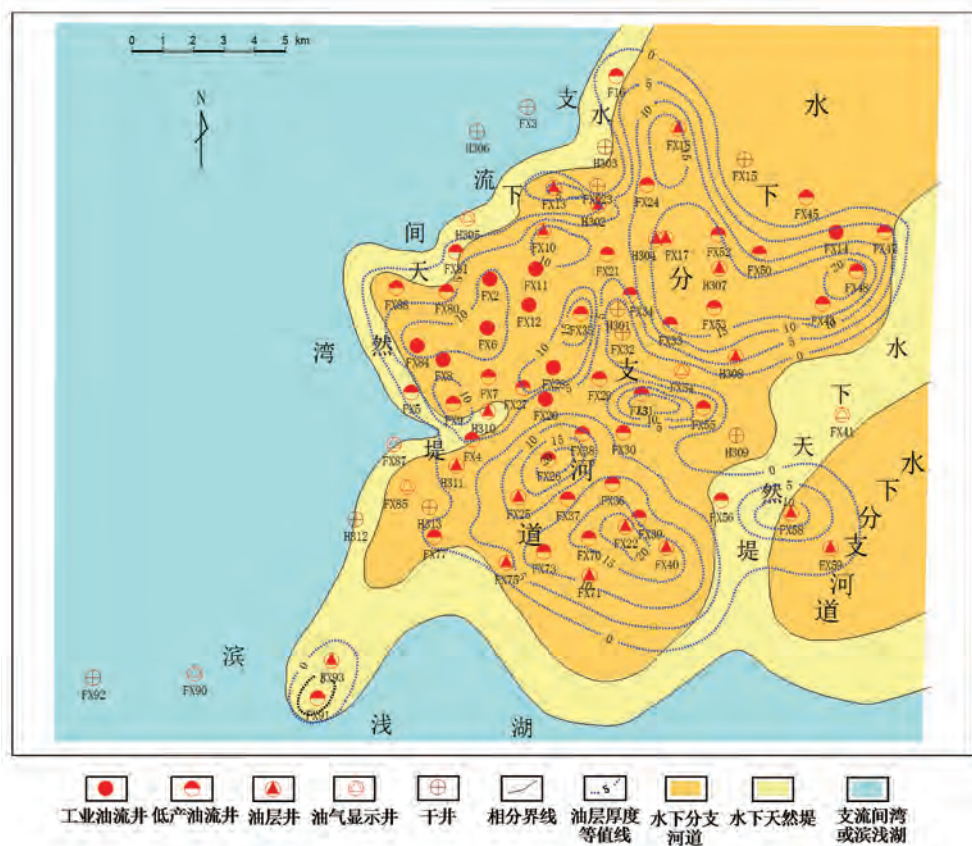


图5 直罗油田长8油层组沉积相与油层厚度关系图
Fig. 5 Relationship between sedimentary facies and sand thickness of Chang 8 reservoir in the Zhiluo oilfield

表3直罗油田长8油层组不同沉积微相砂体孔、渗物性特征统计

Table 3 Physical property statistics of the porosity and permeability of different microfacies of the Chang 8 reservoir in the Zhiluo oilfield

沉积微相类型	孔隙度/%		渗透率/(10 ⁻³ μm ²)	
	范围	平均值	范围	平均值
水下分支河道	7.80~12.90	9.83	0.21~0.42	0.30
水下天然堤	5.70~10.40	7.96	0.13~0.33	0.21

粒中,石英颗粒的抗压实能力最强,长石次之,岩屑的抗压强度最弱^[18-19]。研究区长8油层组砂岩中长石和岩屑含量都较高,在埋藏压实过程中,随着埋深的加大,颗粒出现点-线接触,局部埋藏较深的地方出现凹凸缝合线接触,以线接触为主;泥岩岩屑、云母等塑性颗粒经压实后,发生弯曲变形(图4-d),甚至被挤入粒间孔隙中,造成假杂基产状,小颗粒嵌入大孔隙内,从而导致原生粒间孔隙损失,储集物性变差。

(2)胶结作用

胶结作用是又一影响储层物性的重要原因,在它形成的过程中,会固结沉积物使孔隙和喉道变小,孔隙形态复杂化,从而破坏储层的储集性能^[20-22]。研究区长8油层组胶结物主要是粘土矿物、碳酸盐矿物和硅质,它们大多数以充填孔隙的形式存在,通常呈衬边式、桥塞式、加大式。

①粘土矿物胶结

由X射线衍射分析,延长组长8油层组的粘土矿物胶结物主要有绿泥石、伊利石以及伊蒙混层,未见高岭石。绿泥石胶结物比较普遍,平均含量为42.8%,单个绿泥石晶体呈针叶状附着在碎屑颗粒边缘,形成薄膜状胶结或粘土衬边(图6-a);伊利石平均含量为28.1%,常呈丝状、弯曲片状包围颗粒,并可由孔隙空间的一端达到彼岸,形成粘土桥,从而分割大孔隙而使其变成微孔隙,造成流体流动通道的曲折多变(图4-a);伊/蒙混层矿物平均含量为29.1%,呈蜂窝状,以孔隙充填式或衬边式,也可在孔隙喉道处形成粘土桥^[23]。一般来说,孔隙桥塞式粘土对渗透率影响最大,其次是衬边或包裹式,分散质点粘土对渗透率的影响相对较小^[24-25]。

②碳酸盐矿物胶结

本区延长组长8油层组碳酸盐胶结物主要有方

解石、白云石(图6-b)及少量铁方解石和菱铁矿。它们多以粒间胶结物、交代物或次生孔隙内充填物的形式出现,占据孔隙空间,缩小或堵塞喉道,降低岩石的孔隙度和渗透率,使储层物性变差,并有随着碳酸盐含量的增加,孔隙度和渗透率减下越多的趋势^[26],但这种趋势在研究区内不是很明显,长8油层组碳酸盐含量与孔隙度、渗透率变化相关性不高,说明工区范围内碳酸盐胶结对储层的物性变化的影响较小,不是主要的胶结作用类型。

③硅质胶结

在岩石薄片和扫描电镜下常见到石英次生加大现象,加大边有宽有窄,加大边含量一般为1%~2%,多为I~II级次生加大,局部见III级(图6-c)。次生加大边的存在,使石英与长石碎屑颗粒呈镶嵌状接触,从而导致岩石致密化,堵塞孔隙和喉道,降低岩石孔渗性能^[27]。石英自形晶的出现同样对储层内流体的流动起阻塞作用。硅质一般来源于长石等不稳定组分的溶解以及粘土矿物的转化,其间都可能释放出大量的SiO₂,从而为硅质胶结物和石英颗粒的次生加大提供物质基础。

胶结作用严重降低了储层孔渗性,但对早期胶结作用(绿泥石薄膜的形成、石英次生加大、方解石胶结等)也应客观评价,一方面它减少了孔隙空间,另一方面它又阻碍了早期胶结后压实作用的继续,在一定程度上起到保护储层的作用,还为晚期溶蚀孔的形成提供了物质基础^[28-30]。

(3)溶蚀作用

溶蚀作用是一种建设性的成岩作用,能够形成大量的次生孔隙,改善储层物性。本研究区长8油层组常见到碎屑组分不同程度的溶蚀现象,普遍见棱角状的长石被溶蚀呈圆滑状,或沿节理缝强烈溶蚀淋滤呈残余状(图4-c,图6-d),形成粒间溶孔、粒内溶孔。此外,部分碳酸盐胶结物、交代物也被溶解,从而使被胶结物堵塞的孔隙重新开启或连通。

3 结 论

(1)直罗油田长8油层组砂性主要为长石砂岩、岩屑长石砂岩,分选性好,磨圆度中等,颗粒多为次圆一次棱角状,颗粒之间以线状或点线状接触,胶结类型为以孔隙式胶结为主。

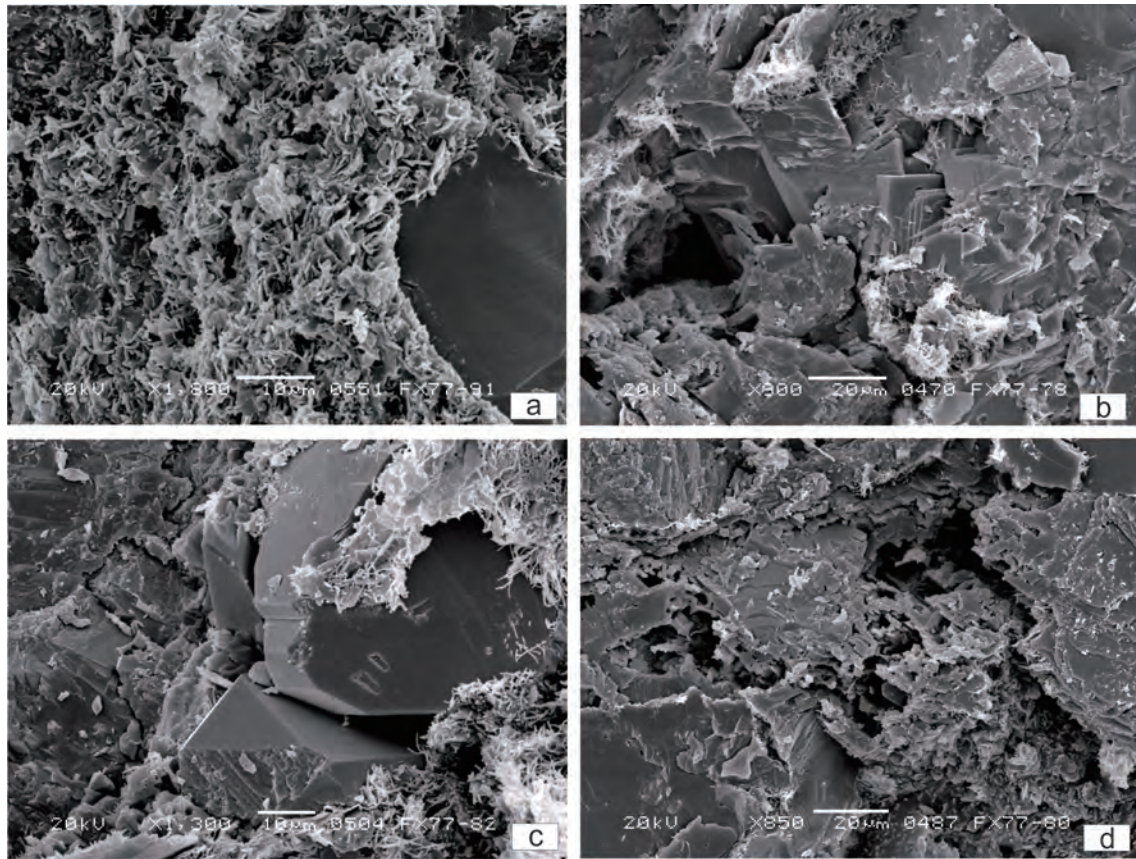


图6 长8储集岩主要成岩特征

a—绿泥石呈薄膜结构覆盖于石英颗粒表面,FX77井,980.81 m,扫描电镜;b—粒间孔隙中可见方解石晶体(中)、白云石晶体(中右),FX77井,979.30 m,扫描电镜;c—石英次生加大Ⅲ级,见晶间孔隙,FX77井,979.80 m,扫描电镜;d—长石颗粒被强烈溶蚀淋滤,次生溶蚀孔隙发育,FX77井,979.55 m,扫描电镜

Fig.6 Main diagenetic features of Chang 8 reservoir sandstone

a—Chlorite, with thin film structure covering quartz grain surface, FX77 well, 980.81 m, scanning electron microscope;
b—Calcite crystals (middle), dolomite crystals (center right) in intergranular pores, FX77 well, 979.30 m, scanning electron microscope;
c—Enlarged quartz secondary III grade, with intergranular pore, FX77 well, 979.80 m, scanning electron microscope;
d—Strongly dissolved and leached feldspar particles, with well-developed secondary dissolution pores, FX77 well, 979.55 m, scanning electron microscope

(2)直罗油田长8油层组储层物性和孔隙结构均比较差,是导致该区发育低孔低渗储层的主要原因,孔隙类型主要为粒间孔和粒内溶孔,次生孔隙发育。

(3)直罗油田长8油层组储层特征受到物源、沉积环境和成岩作用多种因素共同控制。沉积环境是影响储层储集性能的先决条件,三角洲沉积体系中的水下分支河道储层物性较好,水下天然堤次之。影响工区砂岩物性及孔隙发育程度的成岩作用类型主要是压实作用、胶结作用和溶解作用,在成岩过程中,压实作用和胶结作用对储层物性破坏

较大,溶解作用和部分早期胶结作用则对储层储集性能的改善起建设作用。

参考文献(References):

- [1] 段毅,吴保祥,郑朝阳,等.鄂尔多斯盆地马岭油田延9油层组油气运移研究[J].沉积学报,2008,26(2):349-354.
Duan Yi, Wu Baoxiang, Zheng Chaoyang, et al. Study on the migration of crude oil in Yan9 subsection of the Yanan formation, Maling oilfield in Ordos Basin, China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(2): 349-354(in Chinese with English abstract).
- [2] 时保宏,赵婧舟,孟祥振,等.陕北斜坡东部李家盆探区高含水油藏成因分析[J].中国地质,2007,34(3):445-449.
Shi Baohong, Zhao Jingzhou, Meng Xiangzhen, et al. Analysis of

- the genesis of the water-rich oil reservoir in the Lijiacha prospect area in the east of the northern Shanxi slope[J]. *Geology in China*, 2007, 34(3): 445-449(in Chinese with English abstract).
- [3] 王彩萍. 鄂尔多斯盆地直罗油田长6油层组成岩作用及孔隙演化研究[J]. *地球科学与环境学报*, 2010, 32(2): 161-165.
Wang Caiping. Diagenesis and porosity evolution of Chang6 Oil-bearing formation in Zhiluo Oilfield of Ordos Basin[J]. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 2010, 32(2): 161-165(in Chinese with English abstract).
- [4] 惠潇, 张海峰, 张东阳, 等. 鄂尔多斯盆地延长组湖盆中部长6厚层砂体成因分析[J]. *中国地质*, 2008, 35(3): 482-488.
Hui Xiao, Zhang Haifeng, Zhang Dongyang, et al. Origin of Chang6 thick-bedded sand bodies of the Yanchang Formation in the central Ordos basin[J]. *Geology in China*, 2008, 35(3): 482-488 (in Chinese with English abstract).
- [5] 倪新锋, 陈洪德, 韦东晓. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组层序地层格架与油气勘探[J]. *中国地质*, 2007, 34(1): 73-80.
Ni Xinfeng, Chen Hongde, Wei Dongxiao. Sequence stratigraphic framework of the Triassic Yancang Formation in the Ordos basin and petroleum exploration[J]. *Geology in China*, 2007, 34(1): 73-80 (in Chinese with English abstract).
- [6] 王昌勇, 郑荣才, 李士祥, 等. 鄂尔多斯盆地早期构造演化与沉积响应—以姬塬地区长8~长6油层组为例[J]. *中国地质*, 2010, 37(1): 134-143.
Wang Changyong, Zheng Rongcai, Li Shixiang, et al. Early tectonic evolution and sedimentary response of Ordos basin: A case study of Interval 8-Interval 6 oil layers of Yanchang Formation in Jiyuan area[J]. *Geology in China*, 2010, 37(1): 134-143(in Chinese with English abstract).
- [7] 白玉彬, 罗静兰, 王少飞, 等. 鄂尔多斯盆地吴堡地区延长组长8致密砂岩油藏成藏主控因素[J]. *中国地质*, 2013, 40(4): 1159-1168.
Bai Yubin, Luo Jinglan, Wang Shaofei, et al. The distribution of Chang-8 tight sandstone oil reservoir of Yanchang Formation in Wubao area, central-south of Ordos Basin[J]. *Geology in China*, 2013, 40(4): 1159-1168 (in Chinese with English abstract).
- [8] 李凤杰, 王多云, 徐旭辉. 鄂尔多斯盆地陇东地区三叠系延长组储层特征及影响因素分析[J]. *石油实验地质*, 2005, 27(4): 365-370.
Li Fengjie, Wang Duoyun, Xu Xuhui. The influential factors and characteristics of Triassic Yanchang formation reservoir in Longdong area, Ordos Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2005, 27(4): 365-370(in Chinese with English abstract).
- [9] 魏钦廉, 郑荣才, 肖玲, 等. 鄂尔多斯盆地吴旗地区长6储层特征及影响因素分析[J]. *岩性油气藏*, 2007, 19(4): 45-50.
Wei Qinlian, Zheng Rongcai, Xiao Ling, et al. Influencing factors and characteristics of Chang 6 reservoir in Wuqi area, Ordos Basin[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2007, 19(4): 45-50(in Chinese with English abstract).
- [10] 王峰, 田景春, 陈蓉, 等. 鄂尔多斯盆地北部上古生界盒8储层特征及控制因素分析[J]. *沉积学报*, 2009, 27(2): 238-245.
Wang Feng, Tian Jingchun, Cheng Rong, et al. Analysis on controlling factors and characteristics of sandstone reservoir of He 8 (Upper Paleozoic) in the Northern Ordos Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(2): 238-245(in Chinese with English abstract).
- [11] 顾家裕, 张兴阳, 郭彬程. 塔里木盆地东河砂岩沉积和储层特征及综合分析[J]. *古地理学报*, 2006, 8(3): 285-294.
Gu Jiayu, Zhang Xingyang, Guo Bincheng. Characteristics of sedimentation and reservoir of the Donghe Sandstone in Tarim Basin and their synthetic analysis[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2006, 8(3): 285-294 (in Chinese with English abstract).
- [12] 何自新. 鄂尔多斯盆地演化与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 95-105.
He Zixin. Evolution and Oil-gas Reservoirs in Ordos Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 95-105(in Chinese with English abstract).
- [13] 黄龙, 田景春, 肖玲, 等. 鄂尔多斯盆地富县地区长6砂岩储层特征及评价[J]. *岩性油气藏*, 2008, 20(1): 83-88.
Huang Long, Tian Jingchun, Xiao Ling, et al. Characteristics and evaluation of Chang6 sandstone reservoir of Upper Triassic in Fuxian area, Ordos Basin[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2008, 20(1): 83-88(in Chinese with English abstract).
- [14] 窦伟坦, 田景春, 王峰, 等. 鄂尔多斯盆地长6油层组集砂岩成岩作用及其对储层性质的影响[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2009, 36(2): 153-158.
Dou Weitan, Tian Jingchun, Wang Feng, et al. Diagenesis and its influence on the reservoir quality of Member 6 of the Upper Triassic Yanchang formation oil reservoirs in Ordos Basin, China[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2009, 36(2): 153-158(in Chinese with English abstract).
- [15] 武文慧. 鄂尔多斯盆地上古生界储层砂岩特征及成岩作用研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2011.
Wu Wenhui. Research on the characteristics and diagenesis of sandstone in the Upper Paleozoic reservoir in Ordos basin[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2011 (in Chinese with English abstract).
- [16] Beard D C, Weyl P K. Influence of Texture on Porosity and Permeability of Unconsolidated Sand[J]. *AAPG Bulletin*, 1973, 57(2): 349-369.
- [17] 曾德铭, 赵敏, 石新, 等. 黄骅凹陷古近系沙一段下部碳酸盐成岩作用[J]. *中国地质*, 2010, 37(1): 110-116.
Zeng Deming, Zhao Min, Shi Xin, et al. Diagenesis of carbonate rocks in the lower part of 1st Member of Eogene Shahejie Formation in Huanghua depression[J]. *Geology in China*, 2010, 37(1): 110-116 (in Chinese with English abstract).
- [18] 刘军锋, 周学军, 刁帆, 等. 鄂尔多斯盆地演武高地延长组长3储层特征及控制因素[J]. *石油天然气学报(江汉石油学院学报)*, 2009, 31(5): 197-200.

- Liu Junfeng, Zhou Xuejun, Diao Fan, et al. Analysis on controlling factors and reservoir characteristics of Chang3 formation in Yanwu Highland in Ordos Basin[J]. Journal of Oil and Gas Technology(J. JPI), 2009, 31(5): 197–200(in Chinese with English abstract).
- [19] 郭长敏, 施振生. 歧口凹陷沙一段砂岩成岩作用及孔隙演化[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(1): 34–39.
- Guo Changmin, Shi Zhensheng. Diagenesis and pore evolution of the first member of Shahejie formation in Qikou Sag[J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(1): 34–39(in Chinese with English abstract).
- [20] 黄思静, 黄培培, 王庆, 等. 胶结作用在深埋藏砂岩孔隙保存中的意义[J]. 岩性油气藏, 2007, 19(3): 8–13.
- Huang Sijing, Huang Peipei, Wang Qingdong, et al. The significance of cementation in porosity preservation in deep-buried sandstones[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(3): 8–13(in Chinese with English abstract).
- [21] 杨仁超, 王秀平, 樊爱萍, 等. 苏里格气田东二区砂岩成岩作用与致密储层成因[J]. 沉积学报, 2012, 30(1): 111–119.
- Yang Renchao, Wang Xiuping, Fan Aiping, et al. Diagenesis of Sandstone and Genesis of Compact Reservoirs in the East II Part of Sulige Gas Field, Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2012, 30(1): 111–119(in Chinese with English abstract).
- [22] 邹明亮, 黄思静, 胡作维, 等. 西湖凹陷平湖组砂岩中碳酸盐胶结物形成机制及其对储层质量的影响[J]. 岩性油气藏, 2008, 20(1): 47–52.
- Zou Mingliang, Huang Sijing, Hu Zuowei, et al. The origin of carbonate cements and the influence on reservoir quality of Pinghu Formation in Xihu Sag, East China Sea[J]. Lithologic Reservoirs, 2008, 20(1): 47–52(in Chinese with English abstract).
- [23] 王勇, 施泽进, 田亚铭, 等. 鄂尔多斯盆地宜川—旬邑地区长八段储层特征及成岩作用[J]. 大庆石油地质与开发, 2008, 27(3): 39–43.
- Wang Yong, Shi Zejin, Tian Yaming, et al. Reservoir characteristics and diagenesis of Chang8 member in Yichuan–Xunyi area of Ordos Basin[J]. Petroleum Geology and Exploitation in Daqing, 2008, 27(3): 39–43(in Chinese with English abstract).
- [24] 葛鹏莉. 鄂尔多斯盆地富县地区延长组储层评价[D]. 成都: 成都理工大学, 2010: 29–34.
- Ge Pengli. Reservoir Evaluation of the Yanchang Formation in Fuxian Area, Ordos Basin[D]. Chengdu: Chengdu University of Technology, 2010: 29–34(in Chinese with English abstract).
- [25] 兰叶芳, 黄思静, 吕杰. 储层砂岩中自生绿泥石对孔隙结构的影响—来自鄂尔多斯盆地上三叠统延长组的研究结果[J]. 地质通报, 2011, 30(1): 134–140.
- Lan Yefang, Huang Sijing, Lv Jie. Influences of authigenic chlorite on pore structure in sandstone reservoir: A case study from Upper Triassic Yanchang formation in Ordos Basin[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(1): 134–140(in Chinese with English abstract).
- [26] 张惠, 孟祥振, 郭艳琴, 等. 鄂尔多斯盆地富县地区延长组长6储层特征[J]. 石油实验地质, 2010, 32(3): 242–246.
- Zhang Hui, Meng Xiangzhen, Guo Yanqin, et al. Characteristics of the Chang6 reservoir of the Fuxian area in the Ordos Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2010, 32(3): 242–246(in Chinese with English abstract).
- [27] 王运所. 陕北富县探区长3段储层评价[D]. 北京: 中国地质大学, 2006, 46–49.
- Wang Yunsuo. Reservoir Evaluation for Chang 3 Member in Fuxian Exploration Area in Shanxi[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2006, 46–49(in Chinese with English abstract).
- [28] Anna B, Susanne G, Peter K. Porosity–preserving chlorite cements in shallow–marine volcanic clastic sandstones: Evidence from Cretaceous sandstones of the Sawan gas field, Pakistan[J]. AAPG Bulletin, 2009, 93(5): 595–615.
- [29] 师调调, 孙卫, 张创, 等. 鄂尔多斯盆地华庆地区延长组长6储层成岩相及微观孔隙结构[J]. 现代地质, 2012, 26(4): 769–776.
- Shi Tiaotiao, Sun Wei, Zhang Chuang, et al. Diagenetic facies and micro–pore structure of Chang 6 reservoir in Yanchang formation, Huaqing area, Ordos Basin[J]. Geoscience, 2012, 26(4): 769–776 (in Chinese with English abstract).
- [30] 杨仁超, 樊爱萍, 韩作振, 等. 马家山—小涧子油田砂岩成岩作用及其对储层的影响[J]. 中国地质, 2007, 34(2): 283–288.
- Yang Renchao, Fan Aiping, Han Zuozhen, et al. Diagenesis of sandstone in the Majiashan–Xiaojianzi oilfield, Ordos basin and its effect on reservoirs[J]. Geology in China, 2007, 34(2): 283–288 (in Chinese with English abstract).

The reservoir characteristics of Chang 8 oil-bearing Formation in the Zhiluo oil field of Ordos Basin

XIAO Xiao-guang, LI Qun

(Key Laboratory of Metallogenic Prediction of Nonferrous Metals, Ministry of Education,
School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha 410083, Hunan, China)

Abstract: With the methods of rock section, cast section, scanning electron microscope, pressured mercury testing data we made a deep research of the Zhiluo oilfield Chang 8 reservoir's lithology, physical properties, pore throat structure and pore throat types in the paper. This study trying to make a clear inquiry of this area's reserve property and which lay a significant foundation for the further work. The result defines the Chang 8 reservoir, deposited in subaquatic distributary channels, are mainly made up of feldspathic sandstone, debris-feldspathic sandstone. With interparticle pore, intragranular dissolved pore and intercrystal pore, the reservoir is characterized by low compositional maturity and middle texture maturity, which had a poor physical property and it is typical low porosity and low permeability reservoir. In the plane, the reservoirs' physical property is controlled by provenance and sedimentary face zones, in vertical direction, the compaction and cementation lead poor reservoir's physical property and dissolution is favorable to reservoir property.

Key words: Zhiluo Oilfield; reservoir characteristic; diagenesis; Yanchang formation; Ordos Basin

About the first author: XIAO Xiao-guang, male, born in 1988, master candidate, mainly engages in study of reservoir geology; E-mail: xiaoxiaoguangde@163.com.

关于《中国地质》编委换届的启事

为贯彻落实党的十八大精神,推进《中国地质》工作规范化、有效化,更好地发挥编委会作用,经中国地质调查局研究决定,调整《中国地质》编委会组成人员,具体名单见封二。由衷感谢上一届编委为本刊所做出的努力。

《中国地质》编辑部
2014年2月