文章编号: 1000-0550(2009) 02-0221-09

鄂尔多斯盆地上古生界两大气田不同石英砂岩储层 特征对比研究

席胜利^{1,2} 李文厚¹ 魏新善² 孟培龙² 冯娟萍³ (1大陆动力学国家重点实验室西北大学地质学系 西安 710069 2中国石油长庆油田分公司 西安 710021;3西安科技大学地质与环境学院 西安 710054)

摘 要 通过对鄂尔多斯盆地上古生界榆林气田和苏里格气田石英砂岩储层特征的对比,指出榆林气田山 2段石英 砂岩储层属于相对低孔高渗型储层,苏里格气田盒 8段石英砂岩储层属于相对高孔低渗型储层;通过分析两类石英砂 岩的物源、沉积条件和成岩作用等因素,认为沉积期海水改造及后期成岩作用形成了榆林气田山 2段储层的低孔高 渗,而沉积时的高杂基含量与后期成岩共同作用形成了苏里格气田盒 8段储层的高孔低渗。

关键词 榆林气田 苏里格气田 石英砂岩 海水改造 成岩作用

第一作者简介 席胜利 男 1965年出生 博士 高级工程师 石油地质学 E-mailxsl_cq@petrochina.com.cn 中图分类号 TE122 2+21 文献标识码 A

榆林气田和苏里格气田是鄂尔多斯盆地上古生 界两个超千亿方大气田,均属致密砂岩气藏,位于伊 陕斜坡北部 (图 1)。榆林气田主力产层段为二叠系 山西组山 2段含煤岩系地层;苏里格气田主力产层段 为二叠系石盒子组盒 8段及山西组山 1段 (表 1),岩 性均以中粗粒、含砾粗粒石英砂岩为主,但储集性能 特征差异较大。本文通过分析两类石英砂岩的储层 岩石学特征,研究了这两类石英砂岩的特征和成因。

1 储层岩石学特征

11 碎屑成分特征

榆林气田山 2段石英砂岩储层石英平均含量可 达 94 2%,而苏里格气田盒 8段石英砂岩储层石英 含量在 85% ~ 97% 之间,平均含量 86 82%,低于榆 林气田;二者长石含量都很少,平均 < 1%,但在苏里 格气田盒 8段薄片中可见少量长石颗粒溶孔;岩屑组 分二者均以岩浆岩岩屑、变质砂岩、粉砂岩、云母及中 浅变质的片岩、千枚岩、板岩为主,无明显差别 (表 2)。

12 填隙物组分

两套储层石英砂岩中填隙物主要以高岭石、自生 石英、绿泥石、碳酸盐矿物、水云母(伊利石)和凝灰 质为主。从表 3可以看出,榆林气田山 2段石英砂岩



图 1 鄂尔多斯盆地榆林气田与苏里格气田位置图



¹ 国家重点基础研究发展计划项目 (编号: 2003CB214602)及教育部长江学者和"油气盆地"创新团队发展计划项目 (编号: IRT0559)资助。 收稿日期: 2008-03-15 收修改稿日期: 2008-07-16

界	系	统	组	段	厚度/m		气田名称	沉积特征
		上统	石千峰组	千1~5	210	~275		
				盒 1	20	~30		
				盒 2	20	~30		
				盒 3	20	~35		
		山纮	石合子姐	盒 4	25	~35		
上 二· 古 系		TEL	14 m J 2L	盒 5	25	~35		
				盒 6	25~35			陆相辨状词——三角
	系			盒 7	30	0~40		洲沉积
生				盒 8	50~70		苏里格气田	0110 0103
界				LL 1	45~55		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	曲流河三角洲沉积
			山西组		山 21			海相浅水三角洲与
		下统		山 2	山 2 ²	50~60	榆林与田	四泽沉积
		1-20			山 23		103.11, 6111	
			大原组	太 1	35	~45		潮坪一泻湖一三角
			AV MARIE	太 2	30~40			洲沉积
	石炭	上统	木溪组	本 1	0~	~30		
	系	1.5/0	平沃坦	本 2	0~	~30		

表1 鄂尔多斯盆地上古生界含气层系划分表

Table 1 Stratigraphic division of the Neopaleozoic gas-bearing formation in Ordos Basin

表 2 榆林气田山 2 段与苏里格气田盒 8 段石英砂岩碎屑成分含量对比表 Table 2 Clastic constituents of quartz sandstones of the Shan 2 Member in Yulin gas field and the He 8 Member in Sulige gas field

ter 7.5	石英类/%(包括	12 77 100	岩浆岩岩屑		变质岩	沉积岩岩屑/%	山田西西里		
云包.	燧石、石英岩岩屑)	长伯/%	1%	片岩	千枚岩	千枚岩 板岩		(云母类)	石頂忌里
苏里格盒8	$\frac{85 \sim 97}{86.82}$	$\frac{0 \sim 2}{0.92}$	0~1.2	$0 \sim 1.4$	0 ~ 2.3	0~2.6	0 ~ 3	1~2	$\frac{3 \sim 34}{12.26}$
榆林山2	$\frac{71.0 - 100}{94.2}$	$\frac{0\sim6}{0.11}$	0~1.3	0 ~ 8	0~5	0~7.0	0~1.3	0~1	$\frac{0\sim28.5}{5.6}$

注: 显小值~最大值 平均值

表 3 榆林气田山 2 段与苏里格气田盒 8 段石英砂岩填隙物含量对比表

Table 3 Interstitial constituents of quartz sandstones of the Shan 2 Member in Yulin gas field and

41	II.	0	Mamhan	·	Eulias	-	Gald	
tne	ne	o	Member	m	Sunge	gas	neia	

	填隙物总量	自生胶结物/%				陆源杂基/%		
12:17	1%	高岭石	绿泥石膜	碳酸盐	硅质	水云母	凝灰质	
苏里格盒8	19.90	$\frac{0 \sim 8}{4.03}$	$\frac{0-2}{0.58}$	$\frac{0 \sim 3}{1.25}$	$\frac{0 \sim 12}{4.06}$	$\frac{0 - 15}{7.93}$	$\frac{0\sim5}{1.52}$	
榆林山2	15.12	$\frac{0-11}{4.32}$	$\frac{0 \sim 1}{0.24}$	$\frac{0 - 8.5}{2.30}$	$\frac{0 - 13}{6.12}$	$\frac{0 \sim 10}{2.07}$	$\frac{0 \sim 1}{0.10}$	

注: <u>最小值~最大值</u> 平均值

222 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net 中填隙物平均含量为 15.12%,苏里格气田盒 8段石 英砂岩中填隙物平均含量为 19.90%,高于榆林气 田。但陆源杂基含量有较大差别,苏里格气田水云母 和凝灰质明显高于榆林气田,高凝灰质为后期溶蚀提 供了物质基础,杂基含量的差别反映了两个地区物源 供给和沉积分异作用存在差异。

1 3 岩石结构特征

榆林气田山 2段石英砂岩以中粗粒、粗粒结构为 主,局部达到细砾级,主要粒径分布范围为 0.3~1.5 mm,分选较差,磨圆为次圆状一次棱角状,颗粒之间 以线接触为主,部分线一凹凸接触,胶结物以硅质、高 岭石及少量含铁方解石为主,胶结类型为孔隙型;苏 里格气田盒 8段石英砂岩以中粗粒、粗粒结构及部分 细砾级为主,主要粒径分布范围为 0.4~1.6 mm,较 榆林气田山 2段略粗,分选较好,次棱一次圆状磨圆, 颗粒间以线接触为主,胶结物以硅质和高岭石为主, 胶结类型为再生一孔隙式。

2 储集层物性特征

通过分析榆林气田山 2 段和苏里格气田盒 8 段 大量石英砂岩样品的实测数据,榆林气田山 2段石英 砂岩属于相对低孔高渗型储层,孔隙度一般小于 10%;苏里格气田盒 8段石英砂岩属于相对高孔低渗 型储层,孔隙度变化范围较大,一般小于 15%,同一 孔隙度下,榆林气田储层渗透率大于苏里格气田。孔 隙度和渗透率都呈明显的正相关性,渗透率的变化主 要受孔隙发育程度及其连通性的控制,显示出孔隙型 储层的特征,榆林气田山 2段的孔、渗相关性要好于 苏里格气田盒 8段,说明两大气田石英砂岩储层在孔 隙结构上存在着明显的差异 (图 2)。

3 孔隙类型及孔隙结构特征

31 孔隙类型

通过对榆林气田山 2段大量石英砂岩铸体薄片的统计,孔隙平均孔径为 10~300 µm,面孔率的变化范围为 3.68% ~ 7.52%,平均为 5.67%。孔隙类型以粒间孔为主(图 3),在孔隙类型的分布频率中可占 64.4%,其次为高岭石晶间孔,分布频率为 20%,溶蚀孔(岩屑溶孔和杂基溶孔)可占 15%。

苏里格气田盒 8段孔隙平均孔径为 80~750 μm,面孔率的变化范围为 5%~15%,平均 9.2%。 孔隙类型以溶蚀孔(岩屑溶孔、长石溶孔、杂基溶孔) 为主(图 4),在孔隙类型的分布频率中占 77.4%,粒





Fig 2 Comparison diagram of porosity versus permeability with quartz sandstones of the Shan 2 M ember in Yulin gas field and the He 8 M ember in Sulige gas field

间孔在孔隙构成中居于次要地位,分布频率为20 5%,另外还有少量晶间孔,岩石中偶见少量成岩收缩 缝和构造微裂缝(图5)。



图 3 榆林气田, Y37井,山 2,粒间孔 Fig 3 Yulin gas field, Well Y37, Shan 2, intergranu lar porosity

32 孔隙结构特征

榆林气田山 2段石英砂岩储层和苏里格气田盒 8 段石英砂岩储层压汞曲线形态存在较大差别 (图 6)。 榆林气田山 2段石英砂岩的压汞曲线斜度小,曲线上 孔隙平台极其发育,平台部分占进汞饱和度的 50% ~ 65% 以上,反映其最大连通孔隙喉道集中程度高,孔隙 结构较均匀^[1,2];而苏里格气田盒 8段石英砂岩压汞曲 线的斜度相对较大,无明显平台,反映其最大连通孔隙 喉道集中程度较低,孔隙结构相对较差。





Fig. 6 Characteristics of intrusive mercury curve with quartz sandstones of the Shan 2 Member in

Yulin gas field and the He 8 Member in Sulige gas field

对比两大气田石英砂岩储层孔隙结构参数 (表 4)可以看出:榆林气田山 2段石英砂岩孔隙中值半 径较大,以粗歪度、偏粗歪度为主,分选系数较小,变 异系数大,排驱压力小;而苏里格气田盒 8段石英砂 岩表现为孔隙中值半径相对较小,歪度以中偏细歪度 为主,分选系数相对较小,变异系数较小,排驱压力较 大,说明榆林气田山 2段石英砂岩储层在分选性、孔 喉配置关系和孔隙结构方面优于苏里格气田盒 8段 石英砂岩储层。

榆林气田山 2段储层平均孔隙度一般仅在 5% ~ 8%, 渗透率却高达(1~10) × 10⁻³µm²。而苏里格

气田盒 8段储层虽具有较高孔隙度,但当孔隙度 < 8% 时,渗透率一般 < 0 $3 \times 10^{-3} \mu m^2$ (图 2),这也说明榆林气田山 2段储层的孔隙结构较好,孔隙度对渗透率贡献的效率高。从图 7可以看出,在相同孔隙条件下,榆林气田 SH211井山 2段储层孔隙喉道半径明显要大于苏里格气田 S2井盒 8段储层,也反映其孔隙结构占优。究其原因,主要是由于榆林气田山 2段储层孔隙类型主要为粒间孔,孔隙中较少含有粘土矿物充填物,这种孔隙网络的连通性明显优于苏里格地区盒 8段储层中以颗粒溶孔为主的孔隙网络的连通性 13^{-51} 。且榆林气田山 2段砂岩发育少量微裂隙,

表 4 榆林气田山 2段与苏里格气田盒 8段石英砂岩储层孔隙结构参数对比表

 Table 4
 Comparison of pore texture parameter with quartz sandstones of the Shan 2

M en ber in Yul	n gasfield and	the He8M ember	r in	Sulige	gas	field
-----------------	----------------	----------------	------	--------	-----	-------

	少主 井	井深	孔隙度	渗透率	中值半径	不由	公洪玄	亦已玄粉	排驱压力	最大进汞饱和度
	164877	/m	1%	$/(10^{-3}\mu m^2)$	/µm	正反	刀起示奴	又开尔奴	MPa	1%
榆林	SH 211	2906 17	8 10	5.76	2.14	0 68	2 83	0 29	0. 13	73 60
	SH 211	2922 48	9 80	10. 10	1. 73	0 45	2 96	0 30	0.11	70 20
	SH 214	2894 68	8 20	13. 70	3. 98	0 92	2 78	0 33	0. 05	86 40
	SH 214	2894 86	8 20	13. 70	3. 98	0 92	2 78	0 33	0. 05	86 40
	SH 200	3208 16	7.90	7.29	2.06	0 38	3 12	0 34	0. 03	79 70
	Y 30	2539 43	9 50	43. 70	5. 53	1 64	2 41	0 45	0. 00	83 30
	Y 30	2553 19	7.30	0. 70	1. 00	2 22	1 65	0 20	0. 27	87.10
	Y 37	2883 54	12 30	409.00	15.12	0 81	3 49	0 50	0. 02	84 40
	Y148	3010 19	9 80	2.48	1. 62	1 44	1 96	0 26	0. 01	86 76
	Т3	3048 43	11.90	7.96	5. 13	0 53	3 46	0 43	0. 02	86 80
	TAI3	2828 80	7.30	2.26	0.89	1 74	2 53	0 38	0.18	71 50
	平均	9 12	46 97	3. 93	1.07	2 72	0 35	0 08	81.47	
苏里格	SH S2	3401 76	9 40	0.35	0.39	0 30	1 73	0 15	0. 73	98 80
	SH S6	3323 32	16 40	31. 10	3. 11	0 74	2 48	0 28	0.11	99 00
	SH S14	3455 30	18 40	56.40	1.50	0 16	2 69	0 30	0.04	92 80
	SH S14	3456 42	13 40	2. 92	0.89	0 59	2 27	0 22	0. 20	83 60
	SH S20	3441 80	19 90	17.80	1. 21	- 0 26	2 67	0 26	0. 05	87.40
	SH S20	3442 60	19 50	7.82	0. 43	0 24	2 30	0 22	0.19	84 70
	SH S20	3467.53	11.80	0. 24	0.36	0 32	2 00	0 18	0.52	81 10
	TA 05	3272 81	15 20	10. 60	0. 21	- 0 17	2 57	0 24	0. 15	83 00
	平均	15 50	15 90	1.01	0. 24	2 34	0 23	0 25	88.80	



图 7 SH 211井山 2段与 S2井盒 8段石英砂岩相同 孔隙度条件下喉道半径对比图

- Fig 7 Comparison diagram of throat radius of the Well SH 211 Shan 2 Member and the Well S2 He 8 Member quartz sandstones with the same porosity
- 进一步增强了储层的渗透性。
- 4 石英砂岩成因分析
- 4 1 物源是石英砂岩形成的物质基础 鄂尔多斯盆地北部晚古生代陆源碎屑物质主要 来自北缘阴山和西北缘阿拉善隆起的太古界集宁群、 乌拉山群石英岩、片麻岩、变粒岩,元古界色尔腾山

群、白云鄂博群、渣尔泰山群、黄旗口群、阿拉善群和 千里山群石英岩、变质砂岩、石英片岩、板岩、千枚岩 和火山岩及碳酸盐岩。虽然榆林气田山 2段与苏里 格气田盒 8段两个地区的物源母岩具有较强的继承 性和亲缘性^[67],但同时也存在着一定的差别。

榆林气田山 2段与苏里格气田盒 8段石英颗粒 均以岩浆岩和变质岩破碎后形成的单晶石英为主。 通过统计,榆林地区 SHU1、SHU2 SHU3 TA12 TA13 B9 Y148 Y149等井山 2段阴极发光资料以及 Y47-6 等开发井资料,石英颗粒以发蓝色、蓝紫色光为主,其 次为棕色,说明榆林地区火山岩石英颗粒多于区域变 质岩石英颗粒;苏里格地区 S2 S6 S25及气田周边 S42 S45 Z9 Z10等井盒 8段阴极发光资料,石英颗 粒以发蓝紫色、棕色光为主,说明苏里格地区石英碎 屑颗粒来源以深变质岩、浅变质岩主(表 5)。

从重矿物含量可以看出(表 6),两个地区砂岩储 层在重矿物组合和含量上存在区别,苏里格气田盒 8 段是以锆石、电气石、钛铁矿、石榴子石为主的变质 岩、基性火山岩组合;榆林气田山 2段则表现为来自 酸性火山岩的锆石、钛铁矿、电气石、绿泥石、金红石 组合。另外从岩屑类型来看(表 7),苏里格气田盒 8 段变质岩岩屑含量明显高于榆林地区山 2段,说明苏 里格地区母岩以沉积变质岩(石英岩)和中基性火山 岩为主,榆林地区则主要以变质岩和酸性侵入岩为 主。物源区母岩岩石类型分布的不同造成了两个地 区碎屑成分的差异,特别是苏里格地区母岩中的中基 性火山岩中富含铝硅酸盐矿物,为储层后期的溶蚀改 造提供了物质基础^[8]。

表 5 榆林气田山 2段与苏里格气田盒 8段石英 阴极发光特点及成因类型

Table 5 Cathode lum inescence characteristics and genetic type of quartz of the Shan 2 Member in Yulin gas field and the H e 8 Member in Sulige gas field

发光颜色	蓝色	蓝紫色、棕色	不发光
成因类型	火山岩	变质岩	沉积岩
榆林山 2	68 7%	31.3%	1. 0%
苏里格盒 8	8 9%	89.7%	1. 4%

表 6 榆林气田山 2段与苏里格气田盒 8段石英 砂岩重矿物含量表 %

Table 6 H eavy m ineral contents with quartz sand stonesof the Shan 2 M ember in Yu in gas field and theH e 8 M ember in Sulige gas field %

地区	锆石 金红石 电气	石 榍石	石榴石	钛、铁矿物
榆林气田山 2段	55 33 0 78 4 5	1 0 53	0. 21	38.65
苏里格气田盒 8段	73 29 0 79 2 8	5 0.00	2.50	20. 50

表 7 榆林气田山 2段与苏里格气田盒 8段石英 砂岩岩屑含量表

Table 7Debris contents with quartz sandstones of theShan 2 M ember in Yu lin gas field and the

He8M ember in Sulige gas field

	岩屑总量	ł	岩屑成分 1%			
	1%	火成岩	变质岩	沉积岩		
榆林气田山 2段	5 60	38 04	52.80	8. 61		
苏里格气田盒 8段	12 26	22 05	70.15	7.80		

4.2 沉积相带控制石英砂岩的分布

榆林气田山 2 沉积期,由于沉积地势平坦、水体 浅,在太原组晚期沼泽背景上发育浅水三角洲平原及 三角洲前缘沉积。榆林地区北部以发育分流河道和 河间沼泽为特征,南部大部分为广覆水体的古地理环 境,以发育水下分流河道和间湾沉积为特征。此时, 本区处于稳定下降时期,河流的垂向侵蚀作用大于侧 向侵蚀,有充足的物源和有较大的可容空间。因此, 盆地的充填作用大于扩张作用,易于形成良好的储 层。

苏里格气田盒 8沉积期由于盆地北部物源区快 速隆升,坡度变陡,地表冲积水系较为发育,河流改道 摆动明显,有较多的砂质沉积物开始在盆地内广泛沉 积,表现为辫状河沉积特征^[910]。苏里格地区主要发 育辫状河心滩一三角洲平原分流河道砂体,由于河道 相砂体沉积速率快,分选较差,储层非均质性较强,但 原始易溶填隙物含量高,后期溶蚀作用强,有利于形 成高孔储层。沉积环境和沉积相带的变化形成了两 大气田不同的储层展布格局,榆林气田山 2段储层为 南北向条带状展布的三角洲 (水下)分流河道高渗砂 体,苏里格气田盒 8段储层为广覆式展布的辫状河心 滩和三角洲分流河道高孔砂体。

43 海水改造对榆林气田高渗石英砂岩形成的控制作用

鄂尔多斯地区从早二叠世山西期开始,受北部兴 蒙海槽持续向南俯冲、消减的影响,北部伊盟隆起及 物源区显著隆升,海水逐步向南退出,进入以陆相沉 积为主的沉积充填,但存在包括榆林气田南部在内的 盆地南部地区保留残留海的演化阶段。至中二叠世 石盒子期,海水完全退出鄂尔多斯地区,进入了陆相 沉积发展时期。近年来的研究表明,早二叠世山西期 时,鄂尔多斯地区处在华北盆地陆表海海退的背景 上,具有海相浅水三角洲沉积特征,至少在山2早期 存在海侵,受海水改造作用的影响较强,石英砂岩为 海相三角洲砂体^[11]。而苏里格气田盒 8沉积期为陆 相辫状河一三角洲沉积,缺乏后期水体改造作用。

双众数粒度分布可以反映海浪的改造作用,从图 8可以看出榆林气田南部有明显的双众数分布特征, 海浪与海风的双重作用造成了双众数粒度分布;而苏 里格气田由于只受陆表河道单向水流影响,一般表现 为单众数特点 (图 9)。

从图 10中可以看出,从北到南山西组山 2 段石 英砂岩的岩屑含量总体有递减趋势。在盆地北部 Y37井以北的井中岩屑含量约为 8% ~ 22%,而处于 盆地南部的 Y37井及其以南的井中,岩屑含量约为 1% ~ 6%,岩屑总体有明显递减趋势,反映了海水淘 洗对颗粒成分成熟度的影响。







图 9 苏里格气田 S6 井盒 8 段石英砂岩粒度分布直方图 Fig. 9 The bar chart of the grain distribution of Well S6 He 8 Member quartz sandstones in Sulige gas field



正是由于榆林气田山 2沉积期海水的淘洗分选 作用,造成该地区石英砂岩横向叠置连片性强,石英 含量高,岩性较纯净,孔隙结构均匀,均质性强,渗透 率相对较高,形成了榆林地区山 2段优质储层的连片 分布。而苏里格气田盒 8由于为陆相辫状河一三角 洲沉积,沉积分异作用较弱,在快速沉积过程中又缺 乏后期的水体改造作用,造成了石英砂岩储层分选较 差,孔隙结构相对较差,非均质性强,渗透率相对较 低。

4 4 成岩作用对优质石英砂岩储层物性的控制

鄂尔多斯盆地上古生界储层埋藏深度大,成岩演 化程度高,经受了强烈的压实一压溶作用的改 造^[12]3],由于埋深和地区性的差异,导致成岩作用在 榆林气田山2段与苏里格气田盒8段石英砂岩储层 的具体表现不同。

首先由于母源区的不同造成苏里格气田盒 8段

储层长石和岩屑含量较高, 陆源杂基 (水云母和凝灰质)含量高, 这些不稳定的易溶物质为后期溶蚀创造 了物质基础, 在有机酸作用下形成较多的火山碎屑物 质溶孔、岩屑溶孔、长石溶孔、杂基溶孔等各类溶蚀孔 隙^[14~17], 形成苏里格气田盒 8段储层孔隙类型以溶 蚀孔为主。另外, 由于苏里格气田盒 8段储层原生杂 基和软岩屑含量相对较高, 这些原生杂基和软岩屑在 较强的压实作用下大多以假杂基的形式充填在原生 粒间孔中, 颗粒之间基本以线接触为主, 呈定向一半 定向排列, 残余粒间孔隙很少, 后期溶蚀过程中孔隙 流体不畅, 虽然形成大量的溶蚀孔隙, 但溶蚀物质不 能及时排走, 造成储层非均质较强, 局部高孔渗发育, 整体表现为相对高孔低渗。

榆林气田山 2段储层为一套含煤碎屑岩储集层, 储层中存在烃类的早期充注^[16]。首先,烃类的充填 可以使原生孔隙得以保留^[18~20];其次,含煤岩系地层

第 2期

早期为酸性环境,缺乏早期碳酸盐胶结,在纯净石英 砂岩背景下保留大量原生粒间孔,两种因素促使山 2 段石英砂岩储层原生粒间孔发育。但后期压实一压 溶作用原生粒间孔逐渐减少,而由于沉积期海水的淘 洗作用,杂基及一些不稳定岩屑等易溶蚀物质的缺 乏,使之溶孔少,造成了该区储层孔隙度小于苏里格 地区盒 8段石英砂岩储层。榆林气田山 2段石英砂 岩储层孔隙度虽然较低,但由于石英砂岩本身较纯 净,分选较好,加上早期烃类的充注及后期较强的溶 蚀改造,使得孔隙连通性较好,特别是粒间孔隙的普 遍分布,为山 2段高效储层的形成创造了条件,形成 相对低孔高渗储层。

5 结论

榆林气田山 2段和苏里格气田盒 8段同为石英 砂岩储层,但榆林气田石英含量高于苏里格气田,孔 隙结构也明显优于苏里格气田,榆林气田属于相对低 孔高渗型储层,苏里格气田属于相对高孔低渗型储 层。造成这种差异的主要原因在于沉积源区母岩性 质的的差异,沉积相带、水动力条件和成岩改造作用 的差异,榆林气田山 2段为受海水营力影响的海相三 角洲沉积,苏里格气田盒 8段为陆相辫状河一三角洲 沉积,海水改造作用形成了榆林气田山 2的相对低孔 高渗,而成岩作用形成了苏里格气田盒 8的相对高孔 低渗。

参考文献(References)

- 罗蜇潭, 王允城. 油气储集层的孔隙结构 [M]. 北京: 科学出版社, 1986 [Luo Zhetan W ang Yun cheng Poros ity Structure of O il and G as Reservoirf M]. Beijing Science Press 1986]
- 2 付金华, 王怀厂, 魏新善, 等. 榆林大型气田石英砂岩储集层特征及 成因 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(1): 30-32 [Fu Jinhua W ang Huaichang W eiXinshan et al Origin and characteristics of quartzsandstone reservoir of the Yulin gas field, Ordos B as in [J]. Petro leum Exploration and Development 2005, 32(1): 30-32]
- 3 袁静, 杜玉民, 李云南, 等. 惠民凹陷古近系碎屑岩主要沉积环境粒 度概率累积曲线特征 [J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 103-106 [Yuan Jing Du Yumin, Li Yunnan, et al Probability cumulative grain size curves in terrigenous depositional environments of the Paleogene in Huim in Sag [J]. Petroleum Exploration and Development 2003, 30(3): 103-106]
- 4 朱如凯,郭宏莉,何东博,等.中国西北地区石炭系碎屑岩储集层研究[J].石油勘探与开发, 2002, 29(3): 40-43[Zhu Rukai, Guo Hongli, He Dongba, et al The study on the clastic reservoir of the Carboniferous in the northwest of China[J]. Petro leum Exploration and Development 2002, 29(3): 40-43]

- 5 林景晔.砂岩储集层孔隙结构与油气运聚的关系 [J]. 石油学报, 2004 25(1):44-47 [Lin Jingye Relationship of pore structure of sand reservoir with hydrocarbon migration and accumulation [J]. Acta Petrolei Sinica 2004 25(1):44-47]
- 6 汪正江,张锦泉,陈洪德.鄂尔多斯盆地晚古生代陆源碎屑沉积源 区分析 [J]. 成都理工学院学报, 2001, 28(1): 7-12[Wang Zhengjiang Zhang Jingquan, Chen Hongde Study of the depositional provenance of the terrigenous detritus in Ordos Basin in late Paleozoic era[J]. Jouranl of Chendu University of Technology, 2001, 28(1): 7-12]
- 7 席胜利, 王怀厂, 秦伯平. 鄂尔多斯盆地北部山西组、下石盒子组物 源分析 [J]. 天然 气工业, 2002, 22(2): 21-24 [X i Sheng li W ang Huaichang Q in Bop ing Analysis of the material sources of Shanx i Formation and Shihezi Formation in north Ordos Basin [J]. Natural G as Industry, 2002, 22(2): 21-24]
- 8 Siebert R M, M on cure G K. A theory of fram ework grain dissolution in sandstones [J]. AA PG M emoir 1984, 37. 163-175
- 9 赵文智, 汪泽成, 朱怡翔, 等. 鄂尔多斯盆地苏里格气田低效 气藏的 形成机理 [J]. 石油学报, 2005, 26(5): 5-9[Zhao Wenzhi Wang Zecheng Zhu Yixiang *et al* Forming mechanism of hw-efficiency gas reservoir in Sulige Gas Field of Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(5): 5-9]
- 10 沈玉林,郭英海,李壮福,等.鄂尔多斯盆地北部苏里格庙含油气 区上古生界层序地层研究 [J].地球学报,2007,28(1):72-78 [Shen Yulin, Guo Yinghai, Li Zhuangfu, et al. Sequence stratignaphy study of the upper Paleozoic of Suligem iao oil and gas-bearing area north Ordos Basin [J]. Acta Geoscientica Sinica, 2007,28(1): 72-78]
- 11 付锁堂,席胜利,魏新善,等.鄂尔多斯盆地山西组早期海相特征 [J].西北大学学报:自然科学版,2006 36(Supp I): 12-19[Fu Suotang Xi Shengli W eiXinshan, et al. Characteristics of sea facies in O rdos B as in in the early Shanx i period[J]. Journa lof Northwest University. Natural Science Edition, 2006, 36 12-19]
- 12 张文才,顾岱鸿,赵颖,等.苏里格气田二叠系相对低密度砂岩特 征及成因 [J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(1): 57-60 [Zhang Wencai, Gu Daihong Zhao Ying *et al.* Characteristics and generating mechanism of Permian relative low-density sand stone in Sulige gas field, Northwest China [J]. Petro leum Exploration and Development 2004, 31(1): 57-60]
- 13 李会军,张文才,朱雷.苏里格气田优质储层的控制因素[J].天然 气工业, 2004, 24(8): 12-13 [LiHuijun Zhang Wencai Zhu Lei Factors controlling reservoirs with high quality giant Sulige gas field [J]. Natural Gas Industry 2004, 24(8): 12-13]
- 14 M eshri ID. On the reactivity of carbon ic and organ ic acids and generation of secondary porosity[J]. SEPM, 1986 38(1): 123-128
- 15 Surdam R, Crossey I, Hagen E, et al. Organie-inorganic interaction and sandstone diagenesis AAPG Bulletin 1989, I 1-23
- 16 杨华,杨奕华,石小虎,等.鄂尔多斯盆地周缘晚古生代火山活动 对盆内砂岩储层的影响 [J]. 沉积学报,2007,25(4):526-534 [Yang Hua Yang Yihua, Shi Xiaohu, *et al* Influence of the late Paleozo ic activity on the sand stone reservoir in the interior of Ordos Basin

[J]. A cta Sedim en tologica Sinica, 2007, 25(4): 526–534]

- 17 南珺祥,解丽琴,刘绥保,等.鄂尔多斯苏里格气田二叠系低孔低 渗储层成因 [J].西北大学学报:自然科学版,2005,35(2):207-211 [N an Junxiang Xie Liqin Liu Suibaq *et al.* The contributing factors of lower porosity and permeability reservoir in Permian in Sulige gas-field, O rdos Basin [J]. Jou mal of N or thwest University N atural Science E dition, 2005, 35(2): 207-211]
- 18 王怀厂,魏新善,白海峰.鄂尔多斯盆地榆林地区山西组 2 段高效 储集层形成的地质条件 [J]. 天然气地球科学,2005,16(3):319-323 [W ang Huaichang W eiX inshan, BaiHaifeng Formed geobgic condition of the Shan-2 Formation high efficient reservoir in Yulin area of Ordos Basin [J]. Natural Gas Geoscience, 2005, 16(3): 319-323]
- 19 蔡进功,张枝焕,朱筱敏,等.东营凹陷烃类充注与储集层化学成 岩作用[J].石油勘探与开发,2003,30(3):79-83[Cai Jingong Zhang Zhihuan, Zhu Xiaom in, et al. Hydrocarbon filling and chemical diagenesis evolution of the clastic reservoir of the paleogene in Dongying Sag[J]. Petro kum Exploration and Development 2003, 30 (3):79-83]
- 20 赵国泉,李凯明,赵海玲,等.鄂尔多斯盆地上古生界天然气储集 层长石的溶蚀与次生孔隙的形成 [J].石油勘探与开发,2005,32 (1):53-55[Zhao Guoquan, LiKaining Zhao Hailing *et al* Feldspar corrosion and secondary pore formation in the upper Paleozoic gas reservoir Ordos Basin [J]. Petroleum Exploration and Development 2005,32(1):53-55]

Study on the Characteristics of Quartz Sandstone Reservoir of the Neopaleozoic of Two Gas Field in Ordos Basin

XISheng-li^{1,2} LIW en-hou¹ WEIX in-shan² MENG Pei-long² FENG Juan-ping³ (1. The State Key Laboratory of Continental Dynamics Department of Geo bgy, Northwest University, Xián 710069, 2 Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xián 710021; 3 College of Geo bgy and Environment, Xián University of Science and Techno bgy, Xián 710054)

Abstract By comparing characteristics of quartz sandstone reservoir of the Neopaleozoic of Yulin gas field with Sulige gas field in Ordos Basin, it is indicated that the Shan 2M ember quartz sandstone reservoir of the Yulin gas field is the low porosity and relatively high permeable reservoir while the He 8 M ember quartz sandstone reservoir of the Sulige gas field is the high porosity and relatively low permeable reservoir, respectively. And based on analyzing of material source, depositional condition and diagenesis, and so on, of the two types quartz sandstones, it is suggested that the reservoir characteristics of Shan 2 member of Yulin gas field is formed by the alteration due to the sea water in depositional stage and diagenesis in the later stage, while He 8 member of Sulige gas field is the result of high content of matrix and diagenesis in the later stage.

Keywords Yulin gas field, Sulige gas field, quartz sandstone, alteration by the seawater, diagenesis