

# 苏里格气田 Z30 区块储层物性特征及控制因素

马东旭<sup>1</sup>, 杜支文<sup>2</sup>, 张涛<sup>3</sup>, 王秀平<sup>1</sup>, 王言龙<sup>1</sup>, 高福磊<sup>1</sup>

- (1. 山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室 山东科技大学, 山东 青岛 266590;  
2. 中国石油天然气股份有限公司 长庆油田分公司第五采气厂, 内蒙古 乌审旗 017300;  
3. 中国石油天然气股份有限公司 长庆油田分公司勘探部, 陕西 西安 710018)

**摘要:**通过对苏里格气田 Z30 区块二叠系山西组山<sub>1</sub>段及石盒子组盒<sub>8</sub>段储层岩石学特征、物性特征以及微观孔隙结构特征进行分析,发现研究区山<sub>1</sub>段及盒<sub>8</sub>段储层表现为明显的低孔低渗特点。孔隙类型有原生孔隙、次生孔隙、微裂隙,次生孔隙以溶蚀粒间孔为主。根据物性及压汞曲线特征参数将储层分为 4 类,其中 II 类、III 类储层所占比重最大。研究认为,物源、沉积环境、成岩作用、裂缝等是决定储层特征的控制因素。

**关键词:**苏里格气田;储层特征;储层评价;控制因素

中图分类号:TE122.2

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2013)05-0068-09

## Physical Properties and Controlling Factors of Reservoirs in the Z30 Block in Sulige Gas Field

Ma Dongxu<sup>1</sup>, Du Zhiwen<sup>2</sup>, Zhang Tao<sup>3</sup>, Wang Xiuping<sup>1</sup>, Wang Yanlong<sup>1</sup>, Gao Fulei<sup>1</sup>

- (1. Key Laboratory of Depositional Mineralization & Sedimentary Mineral of Shandong Province, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China; 2. The No. 5 Gas Production Plant, PetroChina Changqing Oilfield Company, Wushenqi, Inner Mongolia 017300, China; 3. Exploration Department, PetrolChina Changqing Oilfield Company, Xi'an, Shaanxi 710018, China)

**Abstract:** Through the analysis of characteristics of petrology, reservoir property and micro-pore structure of Shan-1 and He-8 of permian reservoirs in the Z30 area in Sulige Gas Field, it is found that Shan-1 and He-8 reservoir is of obvious low-porosity and low-permeability; the pore types include primary porosity, secondary porosity and micro cracks; the secondary porosity is mainly solution intergranular. According to physical properties of reservoirs and parameters of pore structure, reservoirs in this area can be divided into four types, which are dominated by type II and type III. It is concluded that sediment provenance, sedimentation, diagenesis and microcracks are controlling factors of reservoirs feature.

**Key words:** Ordos Basin; reservoir feature; reservoir evaluation; controlling factors

苏里格气田位于鄂尔多斯盆地中部,是我国目前陆上已发现的最大天然气气田<sup>[1]</sup>。随着对非常规油气藏勘探速度的加快,储层研究已经成为苏里格气田勘探的核心问题之一,而储层非均质性是长期困扰流体矿产勘探开发的难题之一,也是当代储层沉积学研究的重点和热点<sup>[2]</sup>。通过储层物性的研究,可以把握储层分布规律,掌握储层控制因素。储层物性是沉积作用和成岩作用综合作用的结果,目前认为储层物性主要受沉积相与成岩作用的控制。此外,构造运动、流体活动等对储层物性也有重要影响。

本文在前人研究基础上,结合钻井资料、岩心取样、测井曲线,利用铸体、压汞、阴极发光等分析测试手段,研究了 Z30 区块的岩石学、物性特征以及孔隙类型,对研究区有利储层进行评价,并讨论了物性的影响

收稿日期:2013-01-08

基金项目:山东省沉积成矿作用与沉积矿产重点实验室开放基金项目(DMSM201001)

作者简介:马东旭(1986—),男,甘肃兰州人,硕士研究生,主要从事储层地质学方面的研究. E-mail: sunshine8606@163.com

因素,对下一步勘探与开发提供地质基础依据。

## 1 研究区概况

苏里格气田东区地处鄂尔多斯市乌审旗和榆林市榆阳区境内,南接乌审旗和靖边气田,东邻榆林气田(图 1)。区域构造位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡中北部,呈北东高、南西低的西倾单斜构造,其内部发育一系列北东-南西走向鼻隆构造。

Z30 区块位于为苏里格气田东区的水平井整体开发区,勘探总面积 259 km<sup>2</sup>,通过大量钻井岩心观察、岩性岩相、测井曲线及古生物等相标志分析,认为主力气层段山<sub>1</sub>、盒<sub>8</sub>段地层以河流相沉积为主,山<sub>1</sub>段为曲流河沉积,盒<sub>8</sub>段为辫状河。可进一步划分为 8 个沉积微相:曲流河边滩、牛轭湖、决口扇、漫滩;辫状河辫状河道、心滩、洪漫湖沼、泛滥平原沉积微相。储层物性特征呈明显的低孔低渗特点,同时表现出强烈的非均质性。苏里格气田东区这种强烈的储层非均质性和明显的低渗、低压、低产特征,严重困扰着天然气的开发<sup>[3]</sup>。

## 2 储层岩石学特征

Z30 区块山<sub>1</sub>段主要为岩屑砂岩,盒<sub>8</sub>段主要为岩屑石英砂岩和岩屑砂岩(图 2)。颜色多为浅灰绿色、灰白色、灰绿色,偶见杂色,反映其沉积于半干旱-潮湿气候,弱氧化-还原环境,发育块状层理、平行层理、楔状交错层理、板状交错层理和冲刷面等沉积构造。

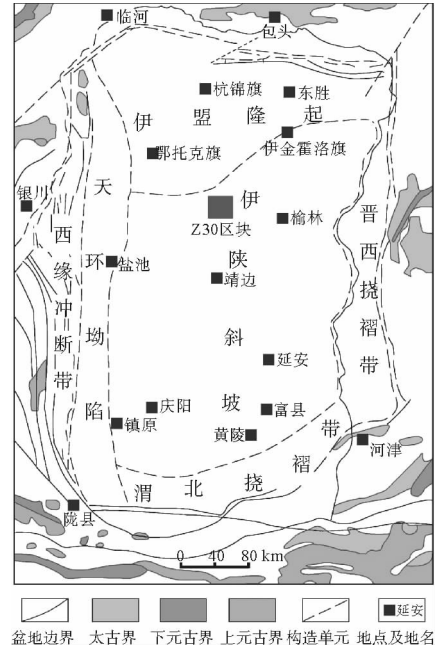


图 1 Z30 区块地理位置  
Fig. 1 Geographical position of Z30 area

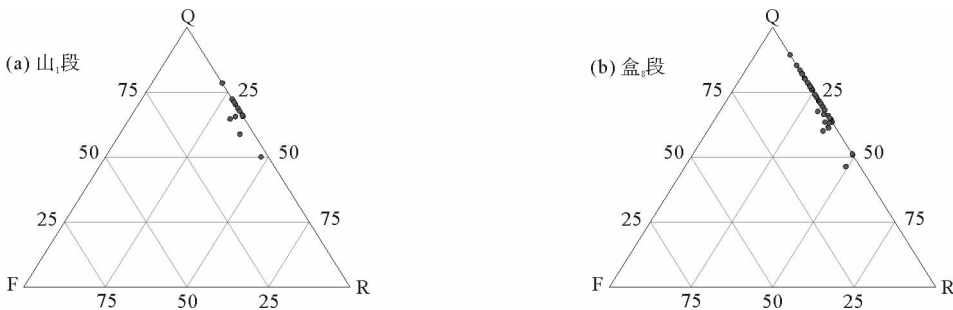


图 2 研究区储层砂岩类型示意图  
Fig. 2 Types of sandstone reservoir in the studied area

岩矿分析表明,研究区山<sub>1</sub>段、盒<sub>8</sub>段砂岩储层的骨架颗粒主要为石英、次为岩屑组分,长石含量比较低,一般<2%。石英平均含量分别为 60.1%和 60.9%,分别占碎屑总量的 74.3%和 76.07%;岩屑含量分别占碎屑颗粒的 24.85%和 25.76%,岩屑组分以变质岩岩屑含量最高,包括石英岩、变质砂岩、千枚岩、片岩、板岩等;岩浆岩岩屑次之,以喷出岩为主,隐晶岩少量;沉积岩岩屑少量,以粉砂岩、泥质岩为主,可见少量云母;填隙物以胶结物和杂基为主,杂基含量较高,胶结物以黏土为主,硅质、钙质胶结次之。储集砂岩结构成熟度与成分成熟度都比较低,表现出近物源的特点。颗粒以中-粗粒结构为主,粒径区间分布为 0.2~2.0 mm;颗粒分选中等-较差,磨圆度主要为次棱角,其次为次棱-次圆及次圆状;颗粒间以点接触为主,少数呈点-线接触或凹凸状接触,胶结类型以孔隙式为主,其次为基底式胶结,接触式胶结很少。

### 3 储层物性特征

砂岩储层的孔隙度和渗透率是反映储层储集性能和渗滤条件的两个最基本参数<sup>[4]</sup>。由于盒<sub>8上</sub>亚段物性明显不同于盒<sub>8下</sub>亚段,故将盒<sub>8</sub>段分开描述。研究区物性分析表明(表 1,图 3,图 4),山<sub>1</sub>、盒<sub>8</sub>段储层具有典型的低孔、低渗特点;孔隙度为 4%~12%;渗透率为 0.1~0.3 mD。盒<sub>8下</sub>亚段物性最好,山<sub>1</sub>段次之,盒<sub>8上</sub>亚段最差。

表 1 研究区储层物性统计表

Tab.1 Physical properties of reservoir in the study area

层位	孔隙度/%			渗透率/mD		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
盒 <sub>8上</sub>	13.65	1.02	6.55	1.520	0.031	0.309
盒 <sub>8下</sub>	14.97	2.70	8.12	2.388	0.033	0.367
山 <sub>1</sub>	13.74	1.13	7.18	1.930	0.029	0.335

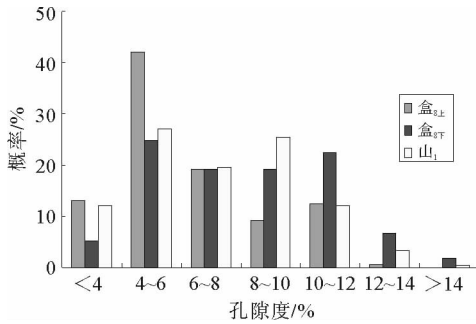


图 3 研究区储层孔隙度分布图

Fig. 3 Distribution of porosity in the studied area

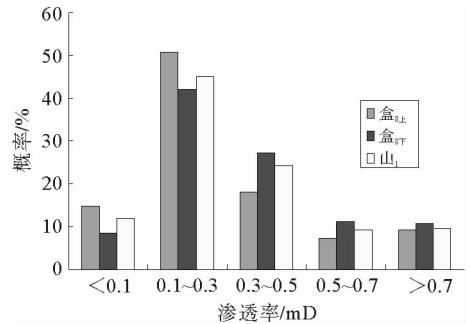


图 4 研究区储层渗透率分布图

Fig. 4 Distribution of permeability in the studied area

### 4 微观孔隙结构特征

孔隙结构研究是气藏精细描述、储层综合评价的重要内容<sup>[5-7]</sup>。它表征储层岩石的微观物理性质,是影响储层储集性能、生产能力和渗滤特征的主要因素之一。

#### 4.1 孔隙类型及特征

根据研究区 5 口取心井的 50 个普通薄片、铸体薄片的鉴定资料及扫描电镜图像、阴极发光等分析,山<sub>1</sub>段、盒<sub>8</sub>段储层经历了强烈的成岩作用改造。镜下可见碎屑颗粒具定向排列,塑性岩屑蚀变变形,胶结致密,石英加大边普遍,原始粒间孔消失殆尽。而建设性孔隙主要为次生孔隙,包括长石、岩屑和火山凝灰质等溶蚀孔及高岭石晶间孔,原生孔隙较少发育。孔隙类型以次生孔隙为主,原生孔隙居次要地位(表 2)。

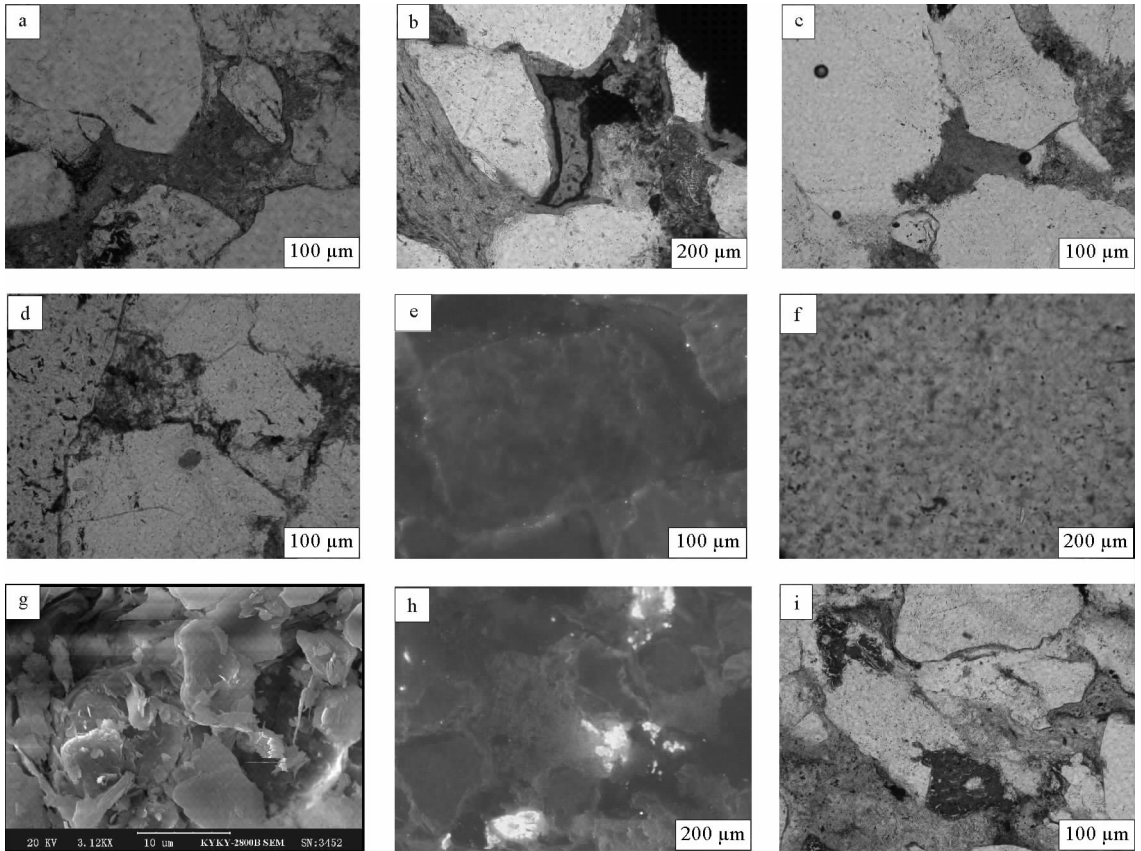
表 2 研究区山<sub>1</sub>、盒<sub>8</sub>段储层孔隙组成表

Tab.2 Composing of reservoir pores of Shan-1, He-8 reservoir in the study area

孔隙类型 层位	孔隙类型							面孔率 %
	粒间孔	粒间溶孔	长石溶孔	岩屑溶孔	晶间孔	杂基溶孔	微裂隙	
盒 <sub>8</sub>	0.0625	0.0802	0.0428	0.1875	0.2333	0.0234	0.0571	0.687
山 <sub>1</sub>	0.0102	0.0521	0.0000	0.2167	0.3083	0.0215	0.0583	0.667

### 1) 原生残余粒间孔

原生残余粒间孔是指原生孔隙被填隙物充填后剩余的孔隙,通常形成于成岩作用的早期阶段。粒间孔常被陆源杂基和自生黏土矿物充填,使孔隙呈缝状、不规则状残留(图 5(a),(b))。



(a) 残余粒间孔, Z38 井 3008.25 m 盒<sub>8</sub> 段, 单×100; (b) 残余粒间孔, Z38 井 3052.8 m 山<sub>1</sub> 段, 单×50;  
(c) 溶蚀粒间孔, Z30 井 3033.5 m 盒<sub>8</sub> 段, 单×100; (d) 粒内溶孔, Z38 井 2996.3 m 盒<sub>8</sub> 段, 单×100;  
(e) 粒内溶孔, Z38 井 3002.48 m 盒<sub>8</sub> 段, 阴极×100; (f) 杂基内微孔隙, Z30 井 3033.5 m 盒<sub>8</sub> 段, 单×50;  
(g) 晶间孔, Z9 井 3050.24 m 山<sub>1</sub> 段; (h) 晶间孔, Z30 井 3015 m 盒<sub>8</sub> 段, 阴极×50; (i) 微裂缝, Z38 井 3030.5 m 山<sub>1</sub> 段, 单×100

图 5 研究区块孔隙类型照片

Fig. 5 Photos of pores of reservoir in the studied area

### 2) 溶蚀粒间孔

也称粒间溶孔,指砂岩中的残余粒间孔在成岩过程中因部分碎屑和填隙物发生溶解而形成的次生孔隙。受成岩作用的影响,大量的溶蚀孔隙生成,使得早期压实作用、胶结作用形成的致密孔隙得到一定改善。研究区中被溶蚀的颗粒边缘极不规则,呈港湾状,孔隙连通性好,是研究区目的层位较好的一类孔隙(图 5(c))。

### 3) 溶蚀粒内孔

指不稳定的碎屑颗粒,主要为长石、岩屑等碎屑颗粒内部成分被溶蚀所形成的孔隙,形成于成岩作用的中晚期阶段。在研究区表现为长石和岩屑溶孔,以及少量的石英溶孔(图 5(d),(e))。

### 4) 杂基溶蚀孔

杂基溶孔在研究区比较发育,包括火山凝灰质和正常沉积的杂基发生溶解所形成的溶蚀孔隙。其孔径往往很小,在储集层中分布较广(图 5(f))。

### 5) 自生矿物晶间孔

指砂岩在成岩过程中形成的分布于碎屑颗粒间自生矿物晶体间的微孔隙。在研究区发育高岭石、伊利

石的晶间微孔, 此类孔隙半径小, 具有一定连通性, 数量较多。其中高岭石分为蚀变高岭石以及淀高岭石, 前者由火山灰填隙物和岩屑蚀变而来, 结晶程度不高; 后者由于成岩作用中长石、岩屑以及凝灰质填隙物的溶解形成的自生高岭石, 结晶较好, 孔隙性较蚀变高岭石要好。伊利石通常呈丝状、搭条状对储层物性产生负面影响<sup>[8]</sup>, 其晶间孔贡献度小(图 5(g), (h))。

#### 6) 微裂隙

微裂隙是碎屑岩在成岩作用过程中, 岩石组分受收缩作用或构造力作用影响而形成的裂隙, 它包括成岩裂缝和构造裂缝。研究区目的层中微裂隙不是很发育, 主要为成岩作用形成的溶蚀裂缝(图 5(i))。

### 4.2 储层分类及评价

根据压汞资料统计, 结合物性分析将研究区山<sub>1</sub>、盒<sub>8</sub>段储层分为四类(图 6)。

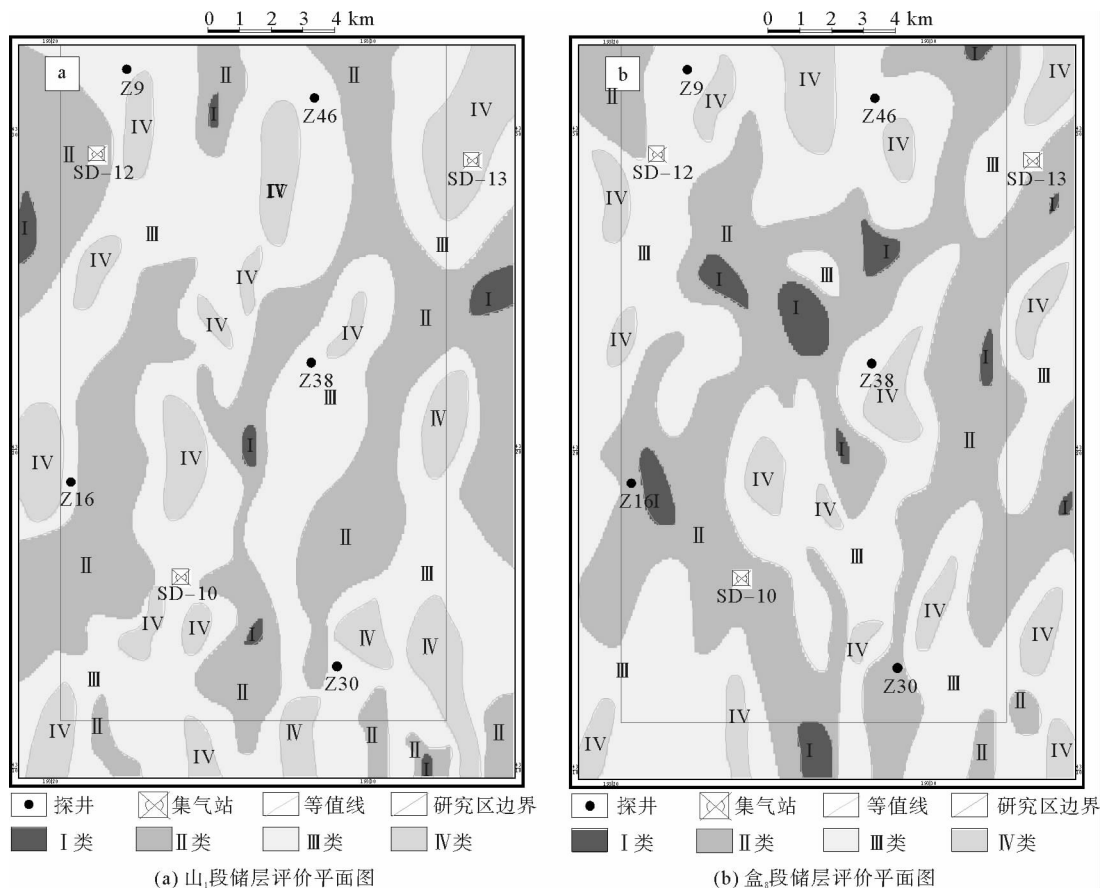


图 6 研究区块山<sub>1</sub>、盒<sub>8</sub>段储层评价平面图

Fig. 6 Shan-1 and He-8 reservoir evaluation in the studied area

I类: 由晶间孔+溶孔组成, 排驱压力 $\leq 0.4$  MPa, 中值半径 $\geq 0.5 \mu\text{m}$ , 分选系数 $\leq 1.6$ , 退汞效率 $\geq 46\%$ , 孔隙度 $\geq 12\%$ , 渗透率 $\geq 1$  mD。I类储层在山<sub>1</sub>段主要发育在边滩中, 占总面积的 0.93%, 零星分布; 盒<sub>8</sub>段主要发育在心滩中, 占总面积的 2.98%, 多分布在研究区中部。

II类: 由晶间孔+溶孔+粒间孔组成, 排驱压力 0.4~0.8 MPa, 中值半径 0.1~0.5  $\mu\text{m}$ , 分选系数 1.6~2.0, 退汞效率 40%~46%, 孔隙度 9%~12%, 渗透率 0.5~1 mD。II类储层在山<sub>1</sub>段主要发育在边滩中, 占总面积的 41.17%; 盒<sub>8</sub>段主要由心滩构成, 少量发育在辫状河道中, 占总面积的 43.83%。

III类: 由微孔-晶间孔, 溶孔-晶间孔组成, 排驱压力 0.8~2 MPa, 中值半径 0.04~0.1  $\mu\text{m}$ , 分选系数 2~2.6, 退汞效率 36%~40%, 孔隙度 5%~9%, 渗透率 0.1~0.5 mD。III类储层在山<sub>1</sub>段主要发育在边滩

及部分决口扇中,占总面积的 43.13%;盒<sub>8</sub>段主要发育在辫状河道中,心滩也占一部分,Ⅲ类储层占总面积的 47.23%。

Ⅳ类:由微孔、微孔-晶间孔组成,排驱压力 $\geq 2$  MPa,中值半径 $\leq 0.04 \mu\text{m}$ ,分选系数 $\geq 2.6$ ,退汞效率 $\leq 36\%$ ,孔隙度 $< 5\%$ ,渗透率 $< 0.1$  mD。Ⅳ类储层在山<sub>1</sub>段主要发育在决口扇中,部分发育在边滩中,占总面积的 14.77%;盒<sub>8</sub>段主要发育在辫状河道和泛滥平原中,占总面积的 5.96%。山<sub>1</sub>、盒<sub>8</sub>段Ⅳ类储层总体上均呈分散状态分布。

总体来讲,研究区山<sub>1</sub>、盒<sub>8</sub>段储层Ⅱ类和Ⅲ类均广泛分布,尤其以Ⅲ类分布面积最大。优质储层主要分布在心滩、边滩、辫状河道中。有利储层纵向连通性较好,横向较差,山<sub>1</sub>段有利储层面积较盒<sub>8</sub>段要少。对于苏里格气田为岩性油气藏的特点,天然气多分布于有利相带形成的优质储层中,是勘探开发的重点区域。然而,沉积微相类型与优质储层并不是一一对应的,部分心滩、边滩的物性也是相对较差的。

## 5 储层特征影响因素

### 5.1 物源及碎屑成分

乌拉山西界以东前寒武纪和兴蒙海西褶皱带组成的阴山古陆是苏里格东部地区山<sub>1</sub>、盒<sub>8</sub>沉积时期的物源区<sup>[9]</sup>。元古界在阴山出露的有什那干群、渣尔太群,为一套轻变质大理岩、石英岩和变质碎屑岩<sup>[10]</sup>。母岩性质导致研究区目的层含有较高的石英作为支撑颗粒,为原生孔隙的保存以及成岩作用过程中溶蚀孔隙的形成提供条件,这也是苏里格气田能够形成的一个前提条件。另外,晚古生代期间盆地周缘曾发生多期强烈的火山活动,因此山<sub>1</sub>—盒<sub>8</sub>段砂岩中含有大量同沉积的火山物质<sup>[11]</sup>,岩石组分中含有较高的火山凝灰质,为成岩作用过程中溶蚀孔隙的形成提供了基础。

### 5.2 粒度与分选性

砂岩物性和颗粒粒度关系也非常密切,粒度粗,则储层物性较好<sup>[12]</sup>。Z30 区块盒<sub>8</sub>段、山<sub>1</sub>段主要为中-粗砂岩,有着较好的储集性能,表明沉积过程中水动力较强,同时由于近物源的特点,分选、磨圆较差,对储层物性有一定的制约作用。

### 5.3 沉积环境

由泥炭沼泽体系形成的本溪期末和山西期早期的炭质泥岩和煤层为二叠系各种气藏的形成奠定了有利的物质基础<sup>[13]</sup>,而苏里格气田东区盒<sub>8</sub>段发育洪泛-辫状河沉积体系,山<sub>1</sub>段发育洪泛-曲流河沉积体系<sup>[14]</sup>,形成上古生界煤成气的良好储集体。

表 3 研究区沉积微相物性统计表

Tab. 3 Physical properties in sedimentary micro-facies of reservoir in the studied area

沉积微相	孔隙度/%			渗透率/mD		
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值
心滩	14.97	4.21	9.53	2.388	0.235	0.718
辫状河道	14.35	1.09	7.17	1.520	0.031	0.325
边滩	13.74	1.13	7.44	1.930	0.044	0.380
决口扇	8.13	1.46	4.24	0.350	0.039	0.154

根据数据资料整理分析(表 3、图 7、图 8)表明,心滩物性最好,边滩、辫状河道次之,决口扇最差。心滩以及边滩由于水动力条件相对较强,碎屑颗粒粒度较粗,分选、磨圆度均较好,成为良好的储集体,同时也控制着整个研究区优质储层的展布,已在储层分类评价中得到较好的印证。但在同一层段有利储集体之间的物性也存在差异,Ⅲ类以及Ⅳ类储层中也存在着心滩以及边滩,所以,沉积环境虽对储层物性影响较大,但不是唯一因素。

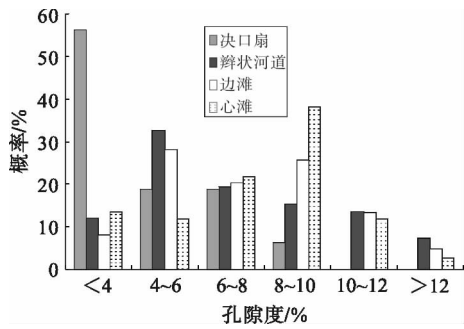


图 7 研究区沉积微相孔隙度分布图

Fig. 7 Distribution of porosity in the studied area

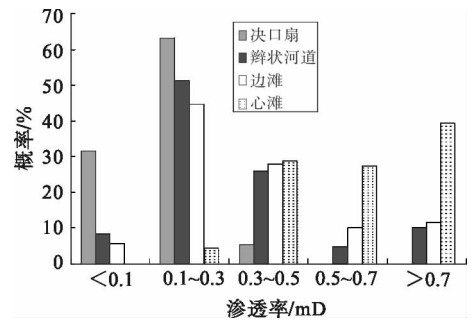


图 8 研究区沉积微相渗透率分布图

Fig. 8 Distribution of permeability in the studied area

### 5.4 成岩作用

沉积物沉积后,孔隙体积的变化主要取决于沉积物所受成岩作用的类型和强度<sup>[15]</sup>。经历了早成岩 A 期弱酸性—早成岩 B 期较强酸性—中成岩 A 期酸性环境—中成岩 B 期弱碱性成岩环境演化过程<sup>[16]</sup>。

#### 1) 压实作用

研究区受到压实作用较强,除部分高渗层段外,大多都含有一定的泥岩、板岩和千枚岩等软岩屑组分及陆源杂基,降低了其抗压实能力。较强的压实作用造成原生孔隙保留程度较低,使得原来的点接触变为线接触以及凹凸状接触(图 9(a))。压实作用是盒<sub>8</sub>段和山<sub>1</sub>段储层孔隙减少的主要因素之一,压实作用减孔率平均可达 24.32%和 25.15%<sup>[16]</sup>。

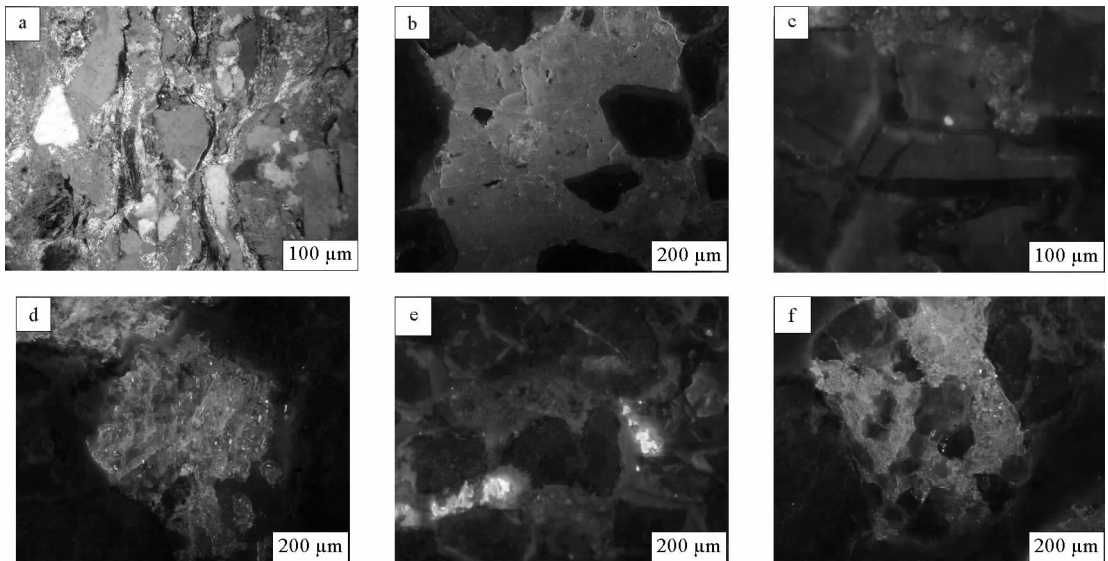


图 9 研究区块成岩特征图

Fig. 9 Diagenesis characteristic in the studied area

#### 2) 胶结作用

胶结作用发生在成岩作用的各个时期。研究区砂岩中的胶结物主要有三种:硅质、碳酸盐、黏土矿物。同期火山物质的脱玻化作用以及有机酸对长石和其他易溶铝硅酸盐矿物的溶解形成的硅是大多数硅质胶结

物的重要物质来源<sup>[17]</sup>。中成岩 B 期之前铝硅酸盐矿物的致使研究区溶解形成了大量的硅质和高岭石胶结物,使得原生残余粒间孔以及溶蚀孔被充填,降低了孔隙度。自生黏土矿物主要以绿泥石、伊利石、高岭石为主,其中绿泥石薄膜在早成岩阶段形成,不仅为后期流体的进入提供了良好的通道,同时起到支撑颗粒的作用,增强储集岩的抗压实能力。自生高岭石中晶间孔对储集物性具有一定的贡献,但是在另一方面,自生高岭石占据了一定的储集空间,使得面孔率降低,起到堵塞孔隙的作用。碳酸盐胶结主要为方解石,含少量铁方解石与铁白云石,成岩后期由于碱性环境的变化,形成大量碳酸盐胶结物,阻塞孔隙(图 9(b),(c))。

### 3) 交代蚀变作用

研究区黏土矿物和方解石交代最为发育,根据交代物质的不同将交代的碎屑颗粒划分为泥化颗粒和钙化颗粒。其中,泥化颗粒的孔隙度较好,而钙化颗粒的物性较差。因此,交代作用对于储集岩的作用具有两个方面的影响。在阴极发光条件下经常可以看到长石溶蚀后剩余部分被方解石交代而保留下来(图 9(d),(e))。由于后期碱性环境的影响,方解石也会交代部分石英(图 9(f))。

### 4) 溶蚀作用

溶蚀作用造成的次生溶孔在研究区普遍发育,是成岩阶段物性得以改善的主要因素。受到中成岩 A 期酸性环境的影响,长石,岩屑和杂基的溶蚀普遍较强,后期随着中成岩 B 期弱碱性环境的控制,石英颗粒及石英硅质岩屑发生溶蚀。泥质、长石、火山岩屑、千枚岩屑等蚀变成高岭石。

### 5) 压溶作用

研究区压溶作用不是很普遍,表现为粒间线接触、凹凸接触以及缝合线接触,发育石英颗粒加大边溶蚀及颗粒间的凹凸接触。

综上所述,Z30 区块山<sub>1</sub>段、盒<sub>8</sub>段储层经历的压实作用和胶结作用,对孔隙发育起破坏性影响,减小了孔隙体积或部分充填粒间孔,堵塞喉道。溶蚀作用对孔隙发育起建设性作用,特别是溶蚀作用形成了大量次生孔隙使得储层物性条件得以改善。

## 5.5 裂缝

裂缝可作为低渗透储层的有效储集空间和主要渗流通道,对油气聚集成藏及开发具有重要作用<sup>[18]</sup>。Z30 区块主要发育成岩裂缝,在局部起到沟通孔隙、改善孔隙结构的作用,但是具有弯曲、断续、尖灭、分枝等特点,加之裂缝在研究区相对不发育,因此所起的作用相对较小。

## 6 结论

1) 研究区山<sub>1</sub>段岩性主要为岩屑砂岩,盒<sub>8</sub>段主要为岩屑石英砂岩和岩屑砂岩。岩屑以变质岩为主,岩浆岩次之,杂基含量较高;胶结物以黏土为主,硅质、钙质胶结次之,砂岩成分成熟度与结构成熟度都较低。

2) 储层物性具明显的低孔低渗特点,盒<sub>8</sub>段的物性稍好于山<sub>1</sub>段,盒<sub>8</sub>段中盒<sub>8F</sub>亚段要好于盒<sub>8上</sub>亚段;根据物性及压汞曲线特征参数将储层分为 4 类,其中 II 类、III 类储层所占比重最大;优质储层主要分布在心滩、边滩和辫状河道中。

3) 孔隙类型主要为原生残余粒间孔、溶蚀粒间孔、溶蚀粒内孔、杂基溶蚀孔、自生矿物晶间孔、微裂隙。次生孔隙最为发育,主要以长石、岩屑溶孔以及高岭石晶间孔为主。

4) 物源区大量的石英是储层形成的先决条件,沉积相控制物质基础,决定了有利储集体的分布;成岩作用决定了储层低孔低渗的特征,在这个过程中压实与胶结作用起到了破坏性作用,溶蚀作用形成的次生孔隙使得储层物性得到改善;由于裂缝主要为成岩裂缝,对储层物性影响较小,仅在局部起到改善孔隙结构的作用。

### 参考文献:

[1]何自新,付金华,席胜利,等.苏里格大气田成藏地质特征[J].石油学报,2003,24(2):6-12.

He Zixin,Fu Jinhua,Xi Shengli,et al. Geological features of reservoir formation of Sulige Gas Field[J]. Acta Petrolei Sinica, 2003,24(2):6-12.

[2]刘宝珺,韩作振,杨仁超.当代沉积学研究进展、前瞻与思考[J].特种油气藏,2006,13(5):1-5.



- Liu Baojun, Han Zuozhen, Yang Renchao. Progress, prediction and consideration of the research of modern sedimentology [J]. *Special Oil and Gas Reservoirs*, 2006, 13(5): 1-5.
- [3] 李义军, 王军杰, 樊爱萍, 等. 苏里格气田东区气井产能主控因素分析[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2010, 29(2): 14-19.  
Li Yijun, Wang Junjie, Fan Aiping, et al. Analysis of main control factors on capacity of gas well in the east area of Sulige Gas Field, Ordos Basin [J]. *Journal of Shandong University of Science and Technology: Natural Science*, 2010, 29(2): 14-19.
- [4] 樊爱萍, 赵娟, 杨仁超, 等. 苏里格气田东二区山<sub>1</sub>、盒<sub>8</sub>段储层孔隙结构特征[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(3): 482-487.  
Fan Aiping, Zhao Juan, Yang Renchao, et al. Characteristics of pore structure of Shan<sub>1</sub> and He<sub>8</sub> reservoirs in the east II part of Sulige Gas Field [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2011, 22(3): 482-487.
- [5] 杨勇, 达世攀, 徐晓蓉. 苏里格气田盒<sub>8</sub>段储层孔隙结构研究[J]. 天然气工业, 2005, 25(4): 50-52.  
Yang Yong, Da Shipan, Xu Xiaorong. Pore structure study of P<sub>1-2</sub> sh<sub>8</sub> reservoir in sulige gas field [J]. *Natural Gas Industry*, 2005, 25(4): 50-52.
- [6] 肖玲, 田景春, 魏钦廉, 等. 鄂尔多斯盆地吴旗地区长<sub>6</sub>储层孔隙结构特征[J]. 新疆地质, 2007, 25(1): 101-104.  
Xiao Ling, Tian Jingchun, Wei Qinlian, et al. Characteristics of pore structure of Chang<sub>6</sub> reservoir in Wuqi area, Ordos Basin [J]. *Xinjiang Geology*, 2007, 25(1): 101-104.
- [7] 谢武仁, 杨威, 杨光, 等. 川中地区上三叠统须家河组砂岩储层孔隙结构特征[J]. 天然气地球科学, 2010, 21(3): 435-440.  
Xie Wuren, Yang Wei, Yang Guang, et al. Pore structure features of sandstone reservoirs in the upper Triassic Xujiache Formation in the central part of Sichuan Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2010, 21(3): 435-440.
- [8] 伏万军. 粘土矿物成因及对砂岩储集性能的影响[J]. 古地理学报, 2000, 2(3): 59-68.  
Fu Wanjun. Influence of clay minerals on sandstone reservoir properties [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2000, 2(3): 59-68.
- [9] 苏楠, 田景春, 隆昊, 等. 苏里格气田东区上古生界盒<sub>8</sub>段、山<sub>1</sub>段物源区分析研究[J]. 中国西部科技, 2011, 10(5): 4-6.  
Su Nan, Tian Jingchun, Long Hao, et al. Sediment provenance analysis of the 8th member of the upper Paleozoic Xiashihezi and the first member of Shanxi formation in the east Sulige Gas Field [J]. *Science and Technology of West China*, 2011, 10(5): 4-6.
- [10] 窦伟坦, 侯明才, 董桂玉. 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, 2009, 29(3): 25-28.  
Dou Weitan, Hou Mingcai, Dong Guiyu. Provenance analysis of the upper Paleozoic Shanxi to lower Shihezi Formations in north Ordos Basin [J]. *Natural Gas Industry*, 2009, 29(3): 25-28.
- [11] 雷卞军, 刘斌, 李世临, 等. 致密砂岩成岩作用及其对储层的影响[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2008, 30(6): 57-61.  
Lei Bianjun, Liu Bin, Li Shilin, et al. Diagenesis of tight sandstone and the influence on reservoir [J]. *Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition*, 2008, 30(6): 57-61.
- [12] 李会军, 吴泰然, 马宗晋, 等. 苏里格气田优质储层的控制因素[J]. 天然气工业, 2004, 24(8): 12-16.  
Li Huijun, Wu Tairan, Ma Zongjin, et al. Research on the basic characteristics and control factors of high-quality reservoir in Sulige Gas Field [J]. *Natural Gas Industry*, 2004, 24(8): 12-16.
- [13] 李增学, 韩美莲, 李江涛, 等. 鄂尔多斯盆地多种能源矿产共存富集形式及沉积控制[J]. 山东科技大学学报: 自然科学版, 2006, 25(4): 18-21.  
Li Zengxue, Han Meilian, Li Jiangtao, et al. The concurrent enrichment form and deposition control of the multiple energy resources in Ordos Basin [J]. *Journal of Shandong University of Science and Technology: Natural Science*, 2006, 25(4): 18-21.
- [14] 王继平, 任战利, 单敬福, 等. 苏里格气田东区盒<sub>8</sub>段和山<sub>1</sub>段沉积体系研究[J]. 地质科技情报, 2011, 30(5): 41-48.  
Wang Jiping, Ren Zhanli, Shan Jingfu, et al. He<sub>8</sub> and Shan<sub>1</sub> members depositional system research in east of Sulige Gasfield [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2011, 30(5): 41-48.
- [15] 王军杰, 杨仁超, 樊爱萍, 等. 鄂尔多斯盆地靖边气田砂岩储层成岩作用[J]. 科技导报, 2010, 28(21): 37-42.  
Wang Junjie, Yang Renchao, Fan Aiping, et al. Diagenesis of sandstone reservoirs in Jingbian Gas Field, Ordos Basin [J]. *Science & Technology Review*, 2010, 28(21): 37-42.
- [16] 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.
- [17] 武文慧, 黄思静, 陈洪德, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界碎屑岩硅质胶结物形成机制及其对储集层的影响[J]. 古地理学报, 2011, 13(2): 193-200.