

新场气田中侏罗统沙溪庙组 一段的储集特征

邓小江, 李国蓉, 王安发

(成都理工大学 能源学院, 成都 610059)

摘 要: 通过岩心、薄片等方法对新场气田中侏罗统沙溪庙组一段的储集特征进行了详细研究, 对其储集物性的主控因素展开探讨, 认为成岩作用是影响物性的重要因素。得出方解石胶结是导致孔隙度减少的主要原因, 衬垫(或环边)绿泥石则导致渗透率变差, 溶蚀作用形成的次生孔隙对孔隙度增加作出了贡献, 但对渗透率无明显的建设性。

关键词: 沙溪庙组; 储集特征; 成岩作用; 四川省

中图分类号: P618.130.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2005)02-0132-05

新场气田位于四川省德阳市北面约 20km, 东经 $104^{\circ}16'56'' \sim 104^{\circ}26'33''$, 北纬 $31^{\circ}14'32'' \sim 31^{\circ}18'46''$; 该气田南距成都市 80 km, 北距绵阳市 35 km。新场气田处于四川盆地西部川西坳陷中部, 属近 NEE 向孝泉—新场鼻状隆起带东部, 构造相对平缓。新场构造中深层发育有上沙溪庙组一段至四段共 4 套砂层, 其中二段、四段为目前该气田上沙溪庙组气藏的主力气层, 而沙溪庙组一段气层已获得天然气控制储量 $125.67 \times 10^8 \text{ m}^3$, 但迄今为止开发效果较差。为了使丰富的地质储量形成产能, 有必要对其储集体作进一步研究, 详细了解其储集特征, 为勘探开发服务。

1 沉积环境和岩石学特征

新场气田中侏罗统上沙溪庙组的沉积环境为滨岸浅水三角洲沉积体系, 沙溪庙组一段储层为分支河道叠置微相及分支河口砂坝微相。砂层在工区内主要呈 NE-SW 向连片展布, 横向变化小。埋深 2 122~2 355 m, 最厚 29.64 m, 最薄 15 m, 平均厚度 21 m。

据岩心及薄片观察, 沙溪庙组一段储层岩石类型以浅绿灰色细-中粒岩屑长石砂岩为主, 部分井岩心见含大小不等的暗紫红色泥砾, 局部有少量粉砂岩和泥质岩夹层。根据代表性井典型样品薄片镜下

鉴定和定量统计, 砂岩碎屑及胶结物成分基本一致, 平均含量变化不大。其中石英(Q)占总碎屑颗粒的 40.4%~52.41%, 长石(F)占 24.31%~35.2%, 岩屑(R)占 22.5%~27.42%, 平均组分 $Q_{47.39} F_{28.17} R_{24.44}$; 碎屑颗粒分选中好, 磨圆度为棱角-次棱角状; 胶结类型主要为孔隙式、孔隙-接触式; 胶结物主要为方解石和泥质, 方解石胶结物含量从几无到 27.5%; 泥质杂基含量不高, 一般不到 10%, 大多低于 5%; 硅质少量。

2 沙溪庙组一段储层的储集特征

2.1 孔隙类型

2.1.1 剩余原生粒间孔

镜下外形多为棱角状, 以三角和四角多见(图 1), 还有的呈不规则多角状或短缝状; 推测其空间形态为似菱角状。在沙溪庙组一段砂层中, 剩余原生粒间孔分布不均匀; 相对集中或零星分散。

2.1.2 粒内容孔和铸模孔

主为长石颗粒的粒内容孔(图 2), 个别为沉积岩及火成岩岩屑粒内容孔, 溶孔大小悬殊、形态各异。镜下断面形态为不规则状、串珠状、细缝状、蜂窝状、超微喀斯特型等, 空间形态复杂多变。粒内容孔进一步溶蚀则形成铸模孔。

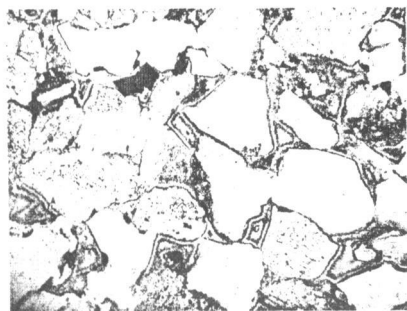


图 1 显微照片:粒间孔

Fig. 1 Microscopic picture of interstices
(-), 5/CX154, 井深 2 242.5 m, 长边 1.1 mm



图 2 显微照片:不同形态的长石粒内溶孔

Fig. 2 Microscopic picture showing
varied morphological interstices

(-), 8/CX370, 井深: 2304.8 m, 长边 1.1 mm

2.1.3 超大孔隙

常见的剩余原生粒间孔和次生粒内溶孔或铸模孔相结合, 形成超大孔隙, 在沙溪庙组一段储层中不甚发育。

2.1.4 其他孔隙类型

包括云母解理裂开缝、杂基间微孔和自生粘土矿物晶间微孔。此类孔隙属偶见, 对储集流体无实际意义。

2.2 物性特征

图 3 为沙溪庙组一段储集层孔隙度、渗透率频率直方图, 由图可知, 孔隙度在 2.32%~14.7% 范围内变化, 主要集中在 9%~12%, 约占整个统计样品的 55%; 渗透率在 0.011%~0.844% 范围内变化, 主要集中在<0.2% 的范围内, 属低渗-超低渗致密储层(据陈荣书, 1996)。

2.3 孔隙结构

对 13 口井 75 个铸体薄片 17185 个孔隙的统计, 沙溪庙组一段储层镜下所见孔隙的孔径在 14.895~412.823 μm 之间, 平均孔径为 74.867 μm ; 而据样品毛管压力曲线分析, 排驱压力(p_d) 在 0.95~13.75 MPa 之间变化, 对应的最大连通孔隙喉道半径(R_d) 为 0.05~0.79 μm ; 饱和度中值压力(p_{c50}) 为 7.22~83.95 MPa, 对应的中值喉道半径(R_{c50}) 为 0.01~0.1 μm 。按康毅力等(1998)对孔隙、喉道的分级标准, 沙溪庙组一段储层镜下所见孔隙以大孔隙为主, 约占 48%, 次为中孔隙, 约占 29%, 小孔隙约占 20%, 微孔隙仅占 3%; 所有基质喉道均为微孔喉, 它们主要构成大孔-微喉及中孔-微喉两种组合类型。

3 成岩作用类型

3.1 铝硅酸盐矿物的水化及粘土矿物转化

在沙溪庙组一段储层中主要表现为部分火山岩岩屑中的铁镁质暗色矿物和碎屑矿物黑云母的水化和长石的粘土化, 以黑云母向白云母转变或绿泥石化最为显著。

3.2 压实作用

沙溪庙组一段砂岩中, 压实作用主要表现为片状矿物云母的严重变形; 泥质岩屑被挤入粒间孔隙成为假杂基或石英、长石等较硬的颗粒被压嵌入泥质岩屑中; 颗粒间以线接触为主, 少数颗粒为凹凸接触。反映出区内沙溪庙组一段砂岩机械压实作用较强, 化学压实作用甚微。

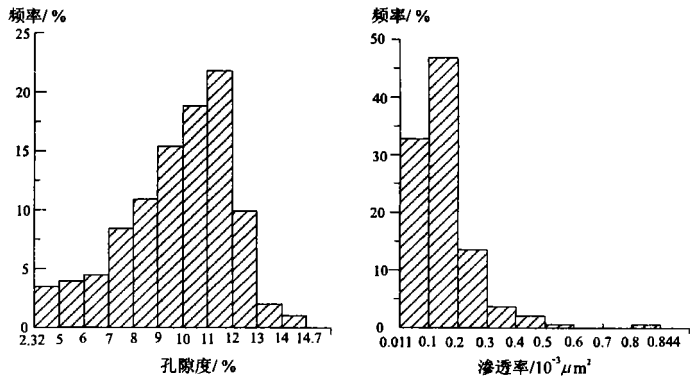


图 3 沙溪庙组一段砂层孔隙度、渗透率分布直方图

Fig.3 The sand porosity and permeability distribution
barchart of Js₂¹

3.3 自生矿物生长

沙溪庙组一段砂岩中胶结物主要是绿泥石和方解石,其次是硅质,自生高岭石含量最少。

(1) 绿泥石。绿泥石胶结在沙溪庙组一段砂岩中最为常见,其产出有两种形式:一是绿泥石垂直颗粒表面生长呈颗粒包壳状,或仅限于孔隙边缘存在以孔隙衬垫形式出现,厚度0.01~0.02 mm;二是以孔隙充填形式出现,整个孔隙完全被绿泥石充填;以前者为主,局部也可出现二者的过渡形式。

(2) 方解石。方解石胶结在沙溪庙组一段砂岩中较为常见,多以充填绿泥石胶结物衬垫内剩余粒间孔形式存在,镜下多表现为大小不等、分布不均的连晶方解石斑块,其含量一般小于10%;由于早期方解石胶结的存在则砂岩中全为方解石胶结,或以方解石胶结物占绝对优势。

(3) 石英次生加大及自生石英。硅质胶结不甚发育,从数量上和分布上都明显居于次要地位。沙溪庙组一段砂岩中的硅质胶结物主要以两种形式存在:一是碎屑石英颗粒的次生加大;可形成较为典型的“加大边”;二是在孔隙中生长的自生石英晶体,大多呈自形或半自形晶充填于剩余粒间孔、粒内溶孔或铸模孔内。

(4) 自生高岭石。自生高岭石晶形完好。但分布局限,数量上明显较自生石英少,更为次要。

3.4 溶蚀作用

沙溪庙组一段砂岩中的溶蚀作用有两期,即早期的长石、石英颗粒的边缘溶蚀和晚期的碎屑粒内溶蚀。前者由长石水化、高岭石化产生 K^+ 或颗粒表面粘土膜中的伊利石释放出 K^+ ,构成石英和长石颗粒与基质之间的碱性微环境,导致 SiO_2 的溶解,产生早期的长石、石英颗粒的边缘溶蚀,形成长石、石英颗粒的齿状、凹凸状、港湾状边缘,这种溶蚀多出现于含杂基相对较多的砂岩中。后者主要是长石颗粒发生不同程度的溶蚀,偶见岩屑内的溶蚀;这类溶蚀多发生在成岩晚期,与剩余原生粒间孔发育分布密切相关。

3.5 交代作用

交代作用在沙溪庙组一段砂岩中主要表现为方解石交代碎屑颗粒(以长石为主)。方解石交代碎屑颗粒多与先后出现的方解石胶结作用伴生,一般都保留原始颗粒的假象;成岩晚期的交代多见于较大的连晶方解石斑

块中,局部偶见充填孔隙的自生石英被方解石交代。方解石交代碎屑颗粒可完全交代,也可部分交代。

4 储集物性主控因素的探讨

4.1 沉积作用对储集物性的影响

沉积环境影响储层的储集物性,最有利的环境是三角洲平原分流河道和三角洲前缘河口砂坝主体部位沉积环境;分流河道边缘、三角洲前缘河口砂坝坝缘最差。在本区,分支河道叠加边缘、分支河道叠加核心部位、三角洲河口砂坝,储集物性特别是渗透率有明显的差别;以对应的CX370井、CX164井、CX167井比较,CX167井最好,CX164井次之,CX370井最差(图4)。

4.2 成岩作用对储集性的影响

区内沙溪庙组一段砂岩中成岩作用表现丰富,机械压实和胶结作用共同导致原生孔隙减少,储集性变差;而次生溶蚀形成的次生孔隙改善储集性,具体表现在:

(1) 衬垫(或环边)绿泥石广泛分布,虽对孔隙度影响较小,但对渗透率破坏较大,主要是因为衬垫绿泥石的形成使连通岩石孔隙之间的喉道转变为绿泥石晶间片状微细喉道,这是沙溪庙组一段砂岩基质渗透率以小于 $0.2 \times 10^{-3} \mu m^2$ 占绝对优势的根本原因。

(2) 方解石胶结作用是造成孔隙度降低的主要因素。据对CX134-2、CX151、X808、CX164和CX152-2等井的分析,沙溪庙组一段砂岩中孔隙度与方解石含量呈负相关关系(图5)。由图得出,孔隙度低于5%或在5%左右,一般方解石含量多大于

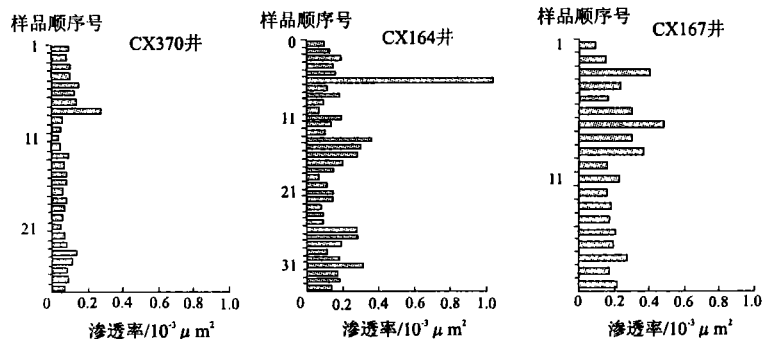


图4 CX370、CX164、CX167井上部渗透率对比图

Fig. 4 Comparison of permeability in the upper of

CX370, CX164, CX167 wells

10%;而一般方解石含量>10%的层位,孔隙度都低于10%;反之孔隙度>10%的层位,方解石含量都低于10%。

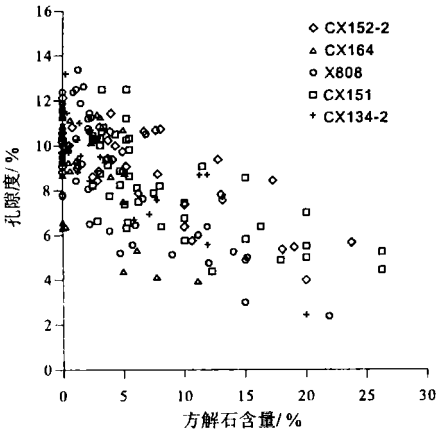


图 5 方解石含量与孔隙度关系图
Fig. 5 Calcite content vs porosity plot

(3)溶蚀作用主要对孔隙度的增加做出贡献,但对渗透率无明显建设性作用。据统计,沙溪庙组一段砂岩储层的平均面孔率为8.6%,次生溶蚀孔隙面孔率为5.8%,对总面孔率的贡献为68.8%,溶蚀作用对孔隙度的增加非常重要,但对渗透率无明显建设性的原因有3点:储集砂体被湖泛细粒沉积物围限,溶蚀产物运移通道不发育,因此不易从砂体中排出,进而在孔喉中沉淀、堵塞喉道,形成缩颈溶蚀;

溶蚀作用选择性较强,主要选择长石颗粒溶蚀,对胶结物无明显的溶蚀;次生孔隙形态复杂,使岩石比面增加,从而降低渗透率。

5 储层评价

通过物性、测试资料和沉积微相、成岩相带、构造的匹配分析,相对而言,沿构造轴部 CX160–CX129–CX164 井一线偏南一带和工区东部 CX370–CX164–CX152-2–CX154 井一线东侧为两个储集性能相对较好的区带,上述两个区带中:前者是分支河道砂体叠加核心部位,砂体较为集中;构造上属鼻状构造之轴部,该鼻状构造产状南陡北缓,“偏南”一带当是应力集中,裂缝相对发育的部位;测试达工业产能的5口井(CX153-2、CX158、CX160、CX375、X820)中有4口在该区带;在该带的CX376井和CX167井显示有明显的物性优势(表1)。后者沉积微相为三角洲河口砂坝;该带处于较有利的成岩相带,孔隙相对发育,该区的CX167、CX453井和CX454井物性也有明显的优势(表1);该带处于鼻状构造的倾没端,加之工区东侧有断层发育,该区亦可能是裂缝相对发育地带;离东侧作为油气运移通道的断层发育带较近,储集砂体可优先捕集来自下伏上三叠统烃源层的天然气。

表 1 沙溪庙组一段砂层各孔、渗级别分布表

Table 1 The sand layer porosity and permeability grade distribution in the wells of Member I Shaximiao formation										
物性	孔隙度 Φ (%)				样品数	渗透率 k ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)				样品数
	< 5	5~ 10	10~ 15	> 15		< 0.1	0.1~ 1	1~ 10	> 10	
	(%)	(%)	(%)	(%)		(%)	(%)	(%)	(%)	
井号										
CX129	0	14.29	71.43	14.29	7	57.14	14.29	14.29	14.29	7
CX134-2	0	65.63	34.37	0	32	3.45	96.55	0	0	29
CX160	0	7.69	92.31	0	13	53.85	46.15	0	0	13
CX164	17.14	45.72	37.14	0	45	17.14	80	2.86	0	35
CX167	0	31.58	68.42	0	19	5.26	94.74	0	0	19
CX370	2.38	50	47.62	0	42	64.86	35.14	0	0	37
CX376	0	28.57	71.43	0	14	42.86	57.14	0	0	14
CX377	0	41.18	58.82	0	17	52.94	47.06	0	0	17
CX378	0	50	50	0	8	12.5	87.5	0	0	8
CX453	0	25	75	0	8	25	75	0	0	8
CX454	0	50	50	0	8	25	75	0	0	8
总计	3.47	43.07	52.97	0.50	202	32.31	66.15	1.03	0.51	195

出版社, 1989.

- [2] 罗蛰潭, 王允城. 油气储集层的孔隙结构[M]. 北京: 科学技术出版社, 1986.

参考文献:

- [1] 郑浚茂. 碎屑储集岩的成岩作用研究[M]. 武汉: 中国地质大学

RESERVOIR CHARACTERS OF THE FIRST MEMBER OF THE MIDDLE JURASSIC SHAXIMIAO FORMATION IN XINCHANG GAS FIELD

DENG Xiao-jiang, LI Guo-rong, WANG An-fa

(Institute of energy of Chengdu University of Technology, Sichuan Chengdu 610059, China)

Abstract: Characters of Shaximiao formation are detailly researched by means of core, thin section in this paper, and the main controlling factors are deeply discussed and diagenesis is known the important factor to influences the reservoir characters. A conclusion that calcite cementation causes porosity reducing, grasket (or margin) chlorite leads to permeability worsening is drawn, the soluted secondary pore have a contribution to porosity, but not be obviously constructive to permeability.

Key words: Shaximiao formation; reservoir characters; dagenesis; Sichuan province

(上接第 86 页)

- [21] Sun S S, McDoonough W. Chemical and istopic systematics of oceanic baslts: implication for mantal composition and processes[J]. Geo Soc Spec Pull, 1989, 42: 313-345.

- [22] Boynton W V. Cosmochemistry of the rare earth elements.

Meteorite studies[J]. Dev Geochem, 1984, 2: 63-114.

- [23] 邱家骧. 岩浆岩岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1985.

- [24] 汪云亮, 张成江, 修淑英. 玄武岩类形成的大地构造环境的 Th/Hf-Ta/Hf 图解判别[J]. 岩石学报, 2001, 17(3): 413-421.

STUDY ON PETRO-GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE POTASSIC LAMPORPHYRES AND THE TECTONIC SETTING OF MAGMATIC SOURCE REGION IN PANXI AREA

LI Zai-hui, DEN Jiang-hong, XIAO Yuan-fu, GAO yuan

(Geosciences College of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: There are a lot of potassiic lamporphyres disperseing over Panxi and its neighboring area. They are mainly minettes and named further Le-O₁-Cpx-minette, La-Cpx-minette and Bi₀-Cpx-mintette. Major elements show that lamporphyres are alklic series and potassic cala alkaline lamporpyres. Chondrite-normalized transition element pattern of lamporpyres is "W" type which suggest the rocks are mantle-derived. The lamporphyres are riched in large iron lithophile elements, high field strength elements and rare earth element. All the characteristics as noted above suggest that the source of the lamporphyres is incompatible element-enriched metasomatic mantle. The tectonic setting of magmatic source region is active continental margin. (Ta-Nb-Ti negative anormaly in potassic lamporphyres indicate source region of magma used to be affected by the subduction of ocean plate. The subduction may occur before the formation of the magma.

Key words: potassic lamporphyres; geochemistry; enriched metasomtic mantle; tectonic setting; Panxi