

文章编号: 1009-3850(2001)04-0042-05

川西洛带气田蓬莱镇组中上部的储层特征

尹朝云, 王 利

(西南石油局 地质综合研究院, 四川 成都 610081)

摘要: 洛带气田蓬莱镇组中上部天然气藏的储层主要为三角洲前缘的水下分流河道、河口砂坝、水下决口河道和远砂坝微相砂体。储集空间以粒间孔和粒内溶孔为主。储集岩的孔隙度一般为8%~16%, 渗透率均值为 $1.970 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 属低孔隙度、低渗透率储层。储渗性主要受方解石、硬石膏、长石含量和粘土矿物的影响。沉积微相控制了储层砂体的类型和展布特征。根据区内储集岩的岩石学特征、物性参数和孔喉结构特征, 将其划分为四种类型。

关键词: 洛带气田; 蓬莱镇组; 砂岩储层

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

The middle and upper reservoir sandstones in the Penglaizhen Formation, Luodai gas field, western Sichuan

YIN Chao-yun, WANG Li

(Research Institute of Geology, Southwest China Bureau of Petroleum, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: The reservoirs of the gas pools in middle and upper parts of the Penglaizhen Formation, Luodai gas field, western Sichuan consist dominantly of four microfacies distinguished on the basis of petrography, physical parameters and pore throat structures: subaqueous distributary channel, channel-mouth bar, subaqueous crevasse channel and distal bar. The sedimentary microfacies have apparently exerted an influence on the types and distribution of reservoir sandstones. The reservoir spaces are

收稿日期: 2001-08-23

represented by intergranular openings and intragranular solution openings. The porosity of the reservoir sandstones generally ranges between 8% and 16% and the mean values of permeability is $1.970 \times 10^{-3} \mu\text{m}$, indicating a low to moderate porosity and low permeability of the reservoir sandstones. The reservoir quality and permeability depend upon the contents of calcite, anhydrite, feldspar and clay minerals.

Key words: Luodai gas field; Penglaizhen Formation; reservoir sandstone

洛带气田位于川西坳陷东部斜坡龙泉山北北东构造带西翼的北东向隆起带,洛带构造为一个北东向展布的短轴背斜所圈闭。龙1井和龙5井分别在上侏罗统蓬莱镇组(J_3p)中上部获得了工业气流。洛带地区的蓬莱镇组中上部为一套三角洲与浅水湖泊环境的砂泥岩间互沉积,其储层主要发育于三角洲前缘亚相的水下分流河道、河口砂坝、水下决口河道和远砂坝砂岩中。经勘探开发,洛带气田已培育成一个中型气田^[1],全气田在蓬莱镇组已获得 15 Gm^3 以上的天然气控制和探明储量。

1 储层微相

以洛带地区蓬莱镇组沉积格架^[2]为基础,结合区内已知钻井储层的沉积、测井和地震响应特征,参考前人对沉积微相的划分方案^[3,4],将该组储层微相划分如下:

水下分流河道砂岩 水下分流河道砂岩多为细砂岩和粗粉砂岩,分选好,垂向上具明显正韵律沉积特征;发育平行层理、小型交错层理、沙纹层理;粒度分布曲线为两段式和三段式,以跳跃和悬浮总体为主;自然伽马曲线呈钟形或箱形;地震响应特征为强振幅,沿河道走向连续性好。

河口砂坝砂岩 河口砂坝砂岩是前缘亚相中砂体最厚(10~20m)的微相沉积。以粉砂岩、细砂岩为主,垂向上具反韵律沉积特征;发育小型交错层理、沙纹层理及同生变形构造;粒度曲线见明显的混合段;自然伽马曲线呈漏斗形和微齿箱形;或二者的组合形态;地震响应特征为中强振幅,沿坝体走向连续性好。

水下决口河道砂岩 该微相以细砂岩、粉砂岩为主,呈透镜状,砂体厚度较薄,一般2~5m,自然伽马曲线呈指状。

远砂坝砂岩 该微相以细砂岩、粉砂岩为主,夹薄层粉砂质泥岩和泥岩;垂向上见不明显的反韵律沉积特征;沙纹交错层理发育;粒度分布曲线为两段式,以悬浮总体为主;自然伽马曲线呈微齿漏斗形。

2 储层特征

2.1 岩石学特征

储层岩性以浅棕色/褐灰色/浅灰色细砂岩为主,粉砂岩次之;主要为岩屑石英砂岩、长石岩屑砂岩和岩屑砂岩。砂岩胶结物普遍含钙,但分布不均匀;胶结类型以孔隙式为主,次为接触式和孔隙式;分选中好,磨圆度中等。

2.2 成岩作用特征

机械压实作用和自生矿物的沉淀作用、交代作用使原生孔隙度和渗透率大大降低,从而

使原生储层物性大大变差。自生矿物中方解石最为发育,以粒间粉微晶胶结形式出现,一般含量3%~8%,局部可达15%~25%。在横向上,每口井均有所见,只是发育程度不一,无论是在细砂岩还是粗粉砂岩中,方解石胶结物的发育程度均直接影响岩石孔隙度,表现为当某段岩石中方解石十分发育时,其孔隙度就明显降低,反之孔隙度变好。自生硬石膏以粒状、板状充填粒内溶孔,呈斑点状分布且不均匀,多数含量小于6%。自生石英以次生加大边和充填孔隙的形式出现;自生粘土矿物呈衬状、桥接式生长。溶蚀作用和破裂作用,特别是中晚期的溶蚀作用使储层物性改善,孔隙度和渗透率增加,并使储层物性具有很强的非均质性。

2.3 孔隙类型

洛带地区蓬莱镇组孔隙类型以粒间孔(包含粒间溶孔、原生粒间孔和残余粒间孔)与粒内溶孔为主;少量铸模孔和微裂缝。晶间孔发育于绿泥石、高岭石粘土矿物中,但孔径很小(0.001~0.002mm),无储集意义。

原生粒间孔 原生粒间孔偶见,保持了原始孔隙形态,呈三角形、多边形或不规则形态,一般孔径为0.02~0.08mm,大者可达0.20mm左右,孔隙连通性较差。

残余粒间孔 残余粒间孔偶见,是指原生粒间孔中充填方解石或硬石膏或自生石英或粘土矿物后剩下的孔隙。

粒间溶孔 该溶孔常见,是粒间孔遭受溶蚀扩大后而形成的孔隙,孔隙形态各异,一般孔径为0.03~0.16mm,孔隙连通性较差,分布也不均匀,孔径偏大者,连通性相对好些。

粒内溶孔 粒内溶孔常见(仅次于粒间溶孔),是长石和岩屑等颗粒遭受不完全溶蚀后在颗粒内部形成的孔隙,区内以长石溶孔最为发育,常成网状,串珠状和蜂窝状分布,一般孔径为0.02~0.06mm,大者可达0.10mm,总体上,孔隙连通性较差,局部连通性较好。

铸模孔 铸模孔偶见,是碎屑颗粒遭受完全溶蚀后仍保留原颗粒外形而形成的孔隙,一般孔径为0.05~0.1mm。

微裂缝 微裂孔在铸体薄片偶见,缝宽为0.01~0.04mm,对储集意义不大,但对改善渗滤条件却有明显的积极作用。

2.4 孔隙结构特征

孔隙大小 孔隙最小为 $4.71\mu\text{m}$,最大为 $194.66\mu\text{m}$,平均值为 $40.42\mu\text{m}$,属细孔型($100\mu\text{m} > D > 10\mu\text{m}$),粗孔($D > 100\mu\text{m}$)与微孔($< 10\mu\text{m}$)均很少(图1)。

喉道 喉道形态为缩颈型喉道、管状喉道和粒间隙喉道。喉道中值半径最大为 $0.7283\mu\text{m}$,最小为 $0.013\mu\text{m}$,平均值为 $0.3092\mu\text{m}$ 。其中小喉型($0.5\mu\text{m} > R50 > 0.04\mu\text{m}$)占64.7%;中喉型($2\mu\text{m} > R50 > 0.5\mu\text{m}$)占24.9%;微喉($R50 < 0.04\mu\text{m}$)占5.9%,未见粗喉型。因此,喉道属中小喉储层。

孔喉组合关系 根据本区孔隙与喉道类型及其组合特征,可知蓬莱镇组中上部储层以细孔-小喉型为主,次为细孔-中喉型,少量为细孔-微喉型。其它孔喉组合关系很少。

2.5 物性特征

储层孔隙度的变化范围为1.65%~19.80%,平均值为11.45%,孔隙度在10%以上占75%;基质渗透率分布在 $(0.028 \sim 19.664) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,平均值为 $1.970 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$

(表 1), 渗透率在 $0.640\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 以上占75%。按照国内(罗蛰潭)和国外(美国能源部)有关致密储层和常规储层的划分标准^[5], 蓬莱镇组中上部储层属于常规储层。其孔-渗关系相关性好, 相关系数为0.9258, 表现出裂缝不发育的特征。对各段物性相比较, J_3p^4 段最好, J_3p^3 段次之, J_3p^2 段最差, 反映出随埋深的增加, 储层物性由好逐渐变差的规律。

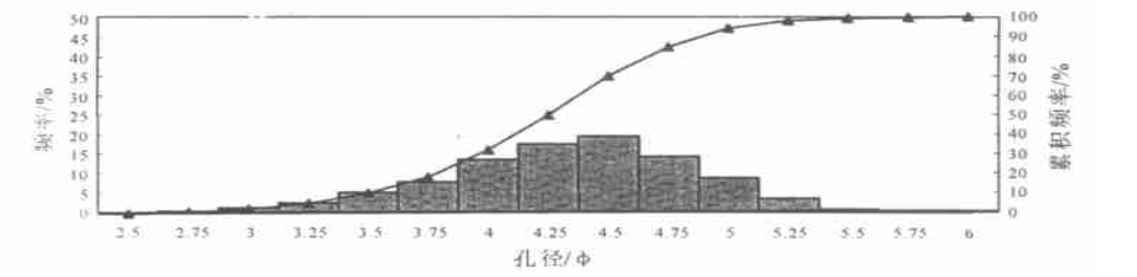


图 1 洛带气田蓬莱镇组中上部储层孔隙度频率直方图

Fig. 1 Histogram showing the frequency distribution of porosity of the middle and upper reservoir sandstones in the Penglaizhen Formation, Luodai gas field, western Sichuan

表 1 蓬莱镇组中上部各段物性参数

Table 1 Physical parameters of the middle and upper reservoir sandstones in the Penglaizhen Formation, Luodai gas field, western Sichuan

层 段	孔隙度/ %			渗透率/ $10^{-3}\mu\text{m}^2$		
	最大	最小	平均	最大	最小	平均
J_3p^4	19.80	1.97	12.96	19.644	0.028	3.347
J_3p^3	19.76	2.81	11.56	18.934	0.062	3.329
J_3p^2	13.69	1.65	9.83	4.384	0.039	0.808
平均	11.45			1.970		

3 储集性的影响因素

沉积微相对储层类型的控制实质上是沉积微相对砂体类型的控制, 不同的沉积微相因形成环境、水动条件的差异, 所形成的砂体类型不同^[6], 如不同环境砂岩的粒度、分选性、杂基含量等则不同, 这些差异性直接影响储层的初始储集性。区内储层的砂体类型主要为三角洲前缘水下分流河道砂体、河口砂坝砂体、水下决口河道砂体和远砂坝砂体。据研究, 上述砂体类型中, 物性上以水下分流河道砂体、河口砂坝砂体的储集性最好, 水下决口河道砂体和远砂坝砂体次之。因此, 沉积微相是影响储层物性及其分布非均质性的一个重要因素。

除沉积微相外, 方解石、硬石膏、长石的含量, 以及粘土矿物等因素同样影响储集性。储层中的方解石、硬石膏含量与孔隙度相关关系密切, 与渗透率的相关关系较差。随着方解石、硬石膏含量的增加, 孔隙度降低。但蓬莱镇组中上部储层中普遍不含硬石膏, 硬石膏主要集中在某些层段岩石中(如龙 7 井区 J_3p^3 段储层中)。

孔隙度随碎屑组分长石含量的增加而升高。储层中溶蚀孔较发育, 而溶蚀孔多见于长

石颗粒中,因此,长石含量与孔隙度呈正相关是合理的。

储层中的粘土矿物多附在颗粒表面,或充填于孔隙中,或在粒间形成粘土桥,如伊利石常呈片状、丝缕状桥接孔隙,造成对孔隙、喉道的堵塞或封隔,使孔渗性降低。

4 分类评价

根据储集岩的岩石学特征、物性参数和孔喉结构特征,将区内储集岩分为四类(表 2),并分别评价如下:

表 2 蓬莱镇组中上部储集岩分类与评价

Table 2 Classification and evaluation of the middle and upper reservoir sandstones in the Penglaizhen Formation, Luodai gas field, western Sichuan

类型	代表岩类	分类参数 ¹⁾ 及标准				评 价
		孔隙度 (φ , %)	排驱压力 (P_d , MPa)	中值半径 (r_{50} , μm)	$> 0.075\mu\text{m}$, 有效体积(V_e , %)	
I	较纯的细砂岩	≥ 13.0	≤ 0.7	≥ 0.32	≥ 65	好储集岩
II	含钙细砂岩,粗粉砂岩	$13 \sim 10$	≤ 1.2	≥ 0.22	≥ 60	良好储集岩
III	含钙粗粉砂岩	$10 \sim 6$	≤ 4.0	≥ 0.05	≥ 40	较差储集岩
IV	含钙泥粉砂岩	< 6.0	> 4.0	< 0.05	< 40	非储集岩

I 类 该类为好的储集岩,占23.31%。毛管压力曲线表现为粗歪度,分选好,平均孔隙度为14.32%,平均渗透率为 $6.968 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,排驱压力平均为0.243MPa,中值压力平均为1.081MPa,喉道均值平均为10.96 φ 。代表岩类为较纯的细砂岩。

II类 该类为良好储集岩,占 37.44%。毛管压力曲线表现为中粗歪度,分选较好,平均孔隙度为11.84%,平均渗透率为 $0.710 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,排驱压力平均为0.395MPa,喉道均值平均为11.60 φ 。代表岩类为含钙细砂岩和粗粉砂岩。

III类 该类为差的储集岩,占28.73%。平均孔隙度为8.29%,平均渗透率为 $0.313 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,该类储集岩的排驱压力较高,平均可达1.164MPa,平均中值压力为6.089MPa,平均喉道均值为13.03 φ 。代表岩类为含钙粗粉砂岩。

IV类 该类为非储集岩,占10.02%,此类岩性钙质、泥质含量高,岩石较致密,孔隙度小于4.4%,渗透率小于 $0.111 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均排驱压力高达6.03MPa,平均中值压力高达39.017MPa,平均喉道均值为14.54 φ 。代表岩类为含钙泥粉砂岩。

参考文献:

[1] 杨通佑,等.石油及天然气储量计算方法[M].北京:石油工业出版社,1998.
[2] 郭正吾,等.四川盆地形成演化[M].北京:地质出版社,1996.
[3] 吴崇筠.湖盆砂体类型[J].沉积学报,1986,4(4):11-12
[4] 曾允孚,夏文杰.沉积岩石学[M].北京:地质出版社,1984.
[5] 罗蛰潭,王允诚.油气储集层孔隙结构[M].北京:科学出版社,1986.
[6] M IALL A D. Principles of Sedimentary Basin Analysis [M]. New York: Springer-Verlag New York Inc. 1990.
[7] 吴胜和,等.油气储层地质学[M].北京:石油工业出版社,1998.