

成都洛带气田蓬莱镇组储层特征

曹伟 刘纪常 陈伟明

(西南石油局研究院, 四川成都 610081)

洛带气田蓬莱镇组浅层气藏的储层孔隙度、渗透率及压缩规律的实验研究表明,随着围限压力增加,孔隙度及渗透率相应降低,当围限压力增加到 10 MPa 时,测得的孔隙度、渗透率与常温、常压下测定的孔隙度、渗透率相比最大可分别下降 7.39% 和 80%。储层孔隙度的变化与钙质、硬石膏的含量有密切关系。据岩芯薄片资料建立了相应的数学关系式。结构参数描述说明,该气藏的 I-III 类储层喉道半径主峰分布在 0.4~4.0 μm 喉道半径之间,而 90% 以上的累积渗透率贡献则分布在喉道半径为 1.0 μm 以上,说明大喉道对气体的运移起主要的控制作用。

关键词 洛带气田 结构参数 储层特征

第一作者简介 曹伟 男 37 岁 博士生 油气储层评价

洛带气田位于四川省成都市东郊龙泉驿区洛带镇,西距成都 15 km,南距龙泉驿 8 km,是继川西新场大型气田之后的又一个浅层气田。洛带气田处于四川盆地西部川西坳陷中段东南隅龙泉山 NE 向构造带西侧、川西坳陷东斜坡构造带上。西侧为中央坳陷区,东翼紧邻龙泉山断裂-褶皱构造带北段。洛带构造是一走向近 NE 方向的鼻状构造,两翼平缓、近对称。气田主要产层是侏罗系上统蓬莱镇组,为一套浅水三角洲-湖泊环境的砂泥岩互层沉积,上与白垩系天马山组假整合接触,下与侏罗系上统遂宁组整合接触。对应蓬四段至一段,由上至下分为 JP₄-JP₁ 四个分气藏。

1 物性特征

1.1 孔隙度及压缩规律

据工区 10 口井 536 块煤油法孔隙度资料统计,孔隙度值一般分布在 6%~16%,最低值为 1.65%,最高值为 19.29%,平均 11.20%。孔隙度主峰分布在 12%~14%,有 50% 以上的样品孔隙度在 13% 以上,75% 以上的样品孔隙度在 10% 以上(图 1a)。

据 6 口井 8 块样围压孔隙度测定^[1]表明,随着围压(有效上覆压力)增加,其孔隙度相应减少(图 2a),当有效上覆压力小于 5 MPa 时,孔隙度下降幅

度较大,当大于 5 MPa 时,下降幅度趋于定值,孔隙度下降斜率也近一致。在有效上覆压力为 5 MPa 和 10 MPa 时(与本区 J_{3p} 气藏压力相近),平均孔隙度(绝对值)下降 0.90% 和 1.21%,相对实验室常温常压下测定的孔隙度分别下降 5.50% 和 7.39%。

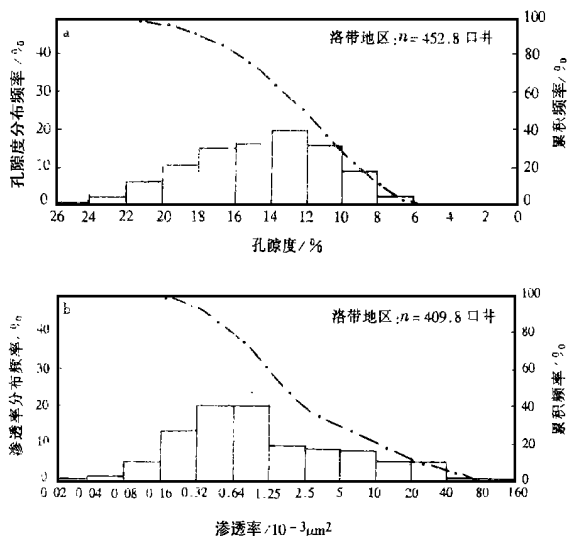


图 1 洛带气田蓬莱镇组孔隙度、渗透率分布直方图

Fig. 1 Histogram of porosity and permeability of the Ponglaizhen Formation in Luodai Gasfield

1.2 渗透率及压缩规律

渗透率直方图(图 1b)表明,渗透率一般在 $0.08 \times 10^{-3} \sim 40 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 范围,主峰值在 $0.32 \times 10^{-3} \sim 1.25 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 范围,最低值为 $0.034 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,最高值(去掉裂缝样品后)为

$18.934 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均值为 $2.173 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。从累积频率看, 50 Φ 样品的渗透率大于 $1.25 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 75 Φ 以上的样品渗透率大于 $0.64 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

与孔隙度类似, 当围限压力增大时, 渗透率也随之下降, 说明地下状态时的渗透率要比常压下测的渗透率低。一般说来, 地面渗透率高的(图中第一点的值可近似代表)地下渗透率下降相对小, 地面渗透率低的, 地下渗透率下降大。同样, 当围压小于 5 MPa 时, 随着压力增大渗透率下降明显, 当围压大于 5 MPa 时, 渗透率下降相对减缓, 且趋于定值, 即各样品渗透率下降斜率近一致(图 2b)。图中 $K_{\text{围压}}/K_{\text{地面}}$ 的值实际上直接反映了渗透率随

压力增大而减小的变化率, 当围限压力为 10 MPa 时, 渗透率只能保存原来的 80 Φ ~ 10 Φ 左右, 即渗透率将减少二成至九成。

1.3 钙质、硬石膏含量与孔隙度的关系

钙质含量增高, 孔隙度会降低(图 3a), 据龙 9 井岩芯薄片资料统计, 钙质含量(G)与孔隙度(Φ)有如下关系:

$$\Phi = 17.4034 - 0.5787G \quad (r = -0.8033, n = 52) \quad (1)$$

硬石膏的含量(S)会使孔隙度降低, 但是, 在蓬莱镇组中并不是普遍含硬石膏, 它往往集中在某些层岩石中(如 JP₃)。据龙 7 井薄片资料(图 3b), 其相关式如下

$$\Phi = 13.3493 - 0.8108S \quad (r = -0.8458, n = 18) \quad (2)$$

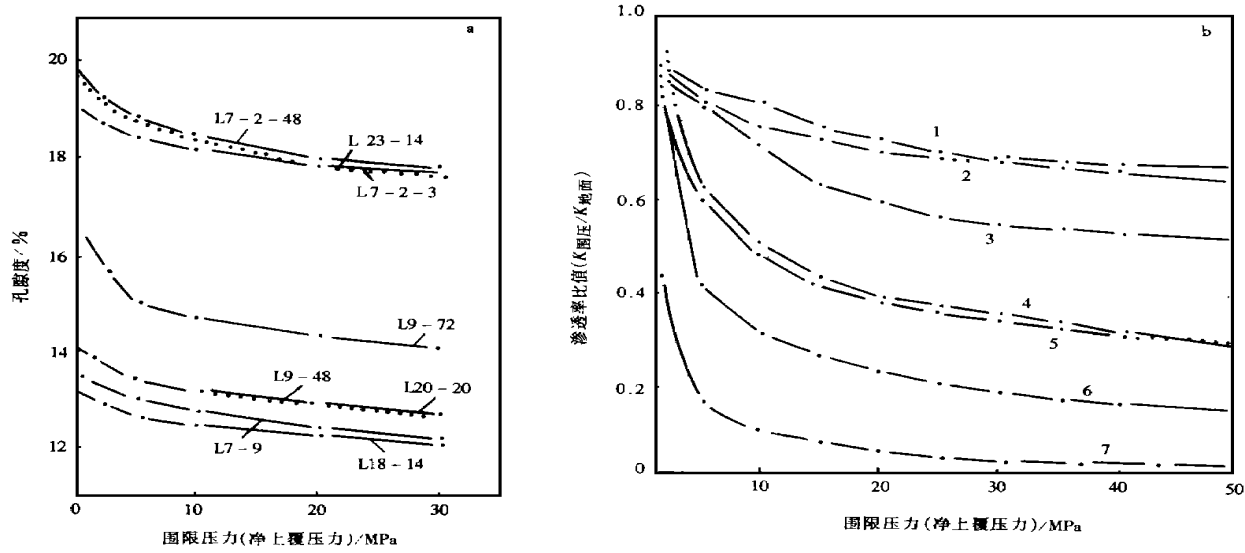


图 2 洛带气田蓬莱镇组孔隙度、渗透率比值与围压关系图

Fig. 2 Relation between the porosity ratio of permeability and confining pressure of the Ponglaizhen Formation in Luodai Gasfield

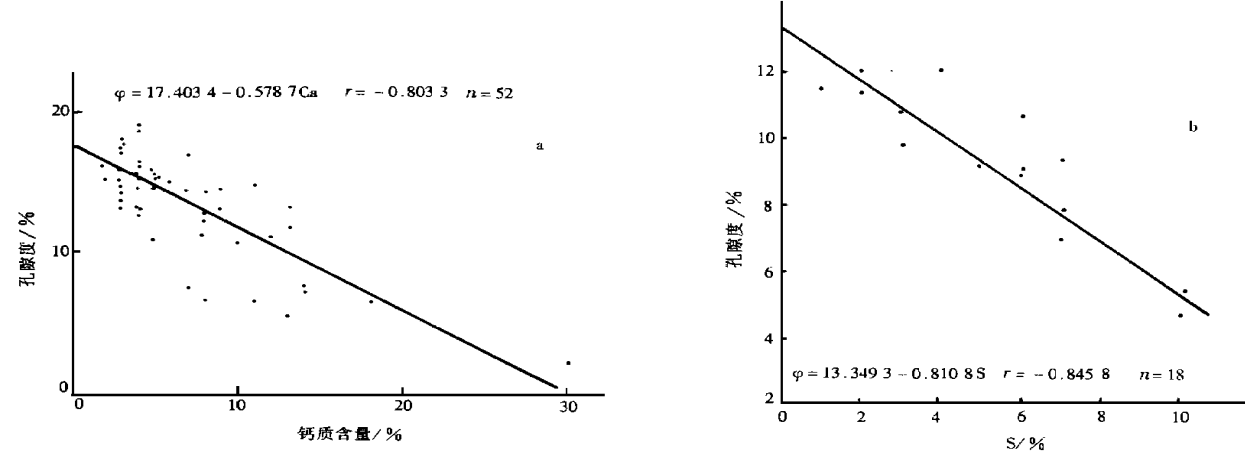


图 3 洛带气田蓬莱镇组钙质含量(龙 9 井)、硬石膏含量(龙 7 井)与孔隙度关系图

Fig. 3 Relation between the contents of calcium and anhydrite and the porosity of the Ponglaizhen Formation, Luodai Gasfields

2 孔隙结构特征

2.1 结构参数

描述孔喉大小分布的参数很多, 现仅就压汞法的部分参数, 如排驱压力(P_d)、饱和度中值压力(P_{c50})、中值半径(r_{50})、均值($\bar{X}$)及有效喉道控制的孔隙体积等参数列于表 1, 从中可看出本气藏孔隙结构具有如下特点:

(1) I - III类储集岩, 其排驱压力为 0.171~1.577 MPa, 中值半径为 0.098~1.557 μm , 均值为 10.79~13.51 ϕ , 大于 0.1 μm 喉道半径所控制的

体积为 50.94%~72.21%。这些值与新场气田 J3p I - III类储集岩大体相近。

(2) 随着储集岩类别降低(I $\rightarrow$ IV), 孔隙结构也变差, 即孔隙度降低, 排驱压力增大, 中值半径减小, 有效孔隙体积(如大于 0.1 μm 喉道半径所控制的孔隙体积)减小, 而且物性与孔隙结构参数有很好的对应关系。

(3) JP₃ 的物性和孔隙结构明显逊于 JP₁ 和 JP₂; 若 JP₁ 和 JP₂ 比较, 则 JP₁ 又逊于 JP₂。

(4) I - II类储集岩均有 50%以上的孔隙体积控制在大于 0.1 μm 的喉道半径中, 其平均值达 62.88%。

表 1 洛带气田各分气藏储层孔隙结构参数数据表

分气藏 储层类别		$\phi/\%$	$K/10^{-3}\mu\text{m}^2$	P_d/MPa	P_{c50}/MPa	$r_{50}/\mu\text{m}$	$\bar{X}/\phi$	喉道所控制体积/ $\%$	
								$\geq 0.1\mu\text{m}$	$\geq 0.075\mu\text{m}$
JP ₃	I	17.62	24 119	0.225	0.822	1.163	10.79	71.74	72.98
	II	14.84	20 830	0.437	1.650	0.582	11.74	64.52	66.11
	III	11.96	4 345	1.577	7.77	0.098	13.51	50.94	53.79
	IV	6.00	1 086	10.111	41.11	0.030	14.54	24.52	27.54
JP ₂	I	16.59	28 274	0.171	0.698	1.557	10.51	72.21	73.33
	II	18.53	12 749	0.166	0.720	1.557	10.99	63.81	64.46
	III	13.17	16 875	0.921	4.751	0.222	12.79	53.86	55.71
	IV	7.51	1 769	3.392	36.602	0.028	14.43	31.70	35.75
JP ₁	I	13.51	2 687	0.334	1.723	0.464	11.57	67.05	69.41
	II	12.67	1 904	0.583	2.634	0.302	12.06	64.94	67.47
	III	10.35	1 158	0.993	5.745	0.169	12.79	56.92	59.67
	IV	6.90	1 274	4.587	39.34	0.022	14.64	24.73	29.99

2.2 孔隙与喉道配合关系

2.2.1 配合数

所谓配合数, 是指连接每一个孔隙的喉道数目, 它是孔隙系统连通性的一种量度。根据本气藏铸体薄片和扫描电镜资料, 一般配合数为 3~4, 有时也可见到 5 或更高的配合数。

2.2.2 组合关系

根据孔隙、喉道大小分级标准, 结合压汞、铸体及扫描电镜资料, 本气藏孔隙主要为中孔-微孔, 偶见大孔, 而喉道则以细喉、微喉为主, 兼跨中喉, 偶见粗喉。常见的组合为: 中孔-细喉、中孔-微喉、小孔-细喉、小孔-微喉、微孔-细喉、微孔-微喉六种。

2.2.3 孔喉比

孔喉比即孔隙与喉道的直径比, 此参数对开采

油气有较大影响。据龙 7、龙 7-2 井 I - II类压汞和铸体薄片资料统计, 平均孔隙直径 36.72 μm , 平均喉道直径 1.365 μm , 其平均孔喉比为 55.42。孔喉比越低, 孔隙结构越好。

2.3 孔喉大小及其对渗透率的贡献

据洛带地区 7 口井计 77 个压汞样, 按不同分气藏、不同类型储集岩, 经“J”函数处理, 分别求出其平均毛管压力曲线, 然后将其作成喉道半径分布直方图, 并用 Wall^[2]法算出各喉道控制的区间渗透率贡献值及累积渗透率贡献值。由表 2 可以看出, I - II类储集岩喉道半径主峰分布在 0.4~4.0 μm 喉道半径间, 90%以上的累积渗透率贡献分布在喉道半径 1.0 μm 以上的部位, 且随着储集岩类别的提高, 对应喉道半径也明显加大, 说明大喉道对气体流动起了控制作用。

表 2 各类储集岩渗透率贡献主峰与喉道大小的关系表
Table 2 The contributive relation between the permeability and throat in reservoirs

分气藏 名 称	喉道半径主峰分布位置/ μm			区间渗透率贡献主峰分布位置/ μm		
	I 类	II 类	III类	I 类	II 类	III类
JP ₁	2.5~ 4.0	2.5~ 4.0	0.4~ 0.63	2.5~ 4.0	2.5±	0.4~ 0.63
JP ₂	2.5~ 4.0	1.6~ 2.5	0.63~ 1.0	4.0±	1.6~ 2.5	1.0±
JP ₃	1.0~ 1.6	1.0~ 1.6	0.63~ 1.0	1.6±	1.0~ 1.6	0.63±

参 考 文 献

2 罗蛰潭, 王允诚. 油气储集层的孔隙结构. 北京: 科学出版社, 1986. 21~ 224

1 杨通佑, 范尚炯, 陈元千, 等. 石油及天然气储量计算方法. 北京: 石油工业出版社, 1990. 55~ 62

RESERVOIR CHARACTERS OF PONGLAIZHEN FORMATION
IN LUODAI GASFIELD, CHENGDU

Cao Wei Liu Jichang Chen Weiming
(*Research Institute of Southwest Petroleum Bureau, Chengdu, Sichuan*)

Abstract

Experiments were made on the porosity, permeability and the compaction regularity of the reservoirs of Ponglaizhen shallow gas pools in Luodai Gasfields. The results indicate that the porosity and permeability decreased with the increasing of confining pressure. When the confining pressure increases to 10 MPa, the porosity and permeability would decrease maximally to 7.39% and 80% respectively as compared with those measured at normal temperature and pressure. The variation of reservoir porosity is closely related to the contents of calcium and anhydrite. A mathematical relational expression is established according to core data. The description of textural parameters suggest that, the main peak of throat radiuses of I ~ III type reservoirs of the gas pools are distributed between 0.4~ 4.0 μm ; more than 90% of the cumulated permeability are distributed in those the throat radiuses greater than 1.0 μm . This shows that large throat radius dominats gas mgration.

Key Words: Luodai Gasfield textural parameter reservoir chacacter