

文章编号:1004-7824(1999)06-0009-06

西部某油田地面、地层条件下 储层物性特征的对比研究

赖生华¹, 余 谦², 刘文碧¹, 彭 军¹

(1. 成都理工学院 沉积地质研究所, 四川 成都 610059; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要:笔者利用地面及地下的毛管压力资料,定量对比了地面、地下储层的物性特征。通过研究对比认为,在围限压力作用下,储层的孔、渗性、排驱压力、饱和度中值压力、大孔喉所控制的孔隙体积百分比、喉道半径均降低,但孔喉分选变好。该项成果有利于提高储量计算的精度,确定地层条件下流体的渗流特征。

关键词:储层特征;孔隙度;渗透率;孔喉

中图分类号:P618.130.2⁺1 **文献标识码:**A

中国西部某油田储层为一套第三系钙质泥岩和泥灰岩。在地层条件下的真实孔喉分布特征决定了流体的渗流特征。利用常规压汞资料所确定的储层孔喉特征是在释放地层应力下的视孔喉分布,这与真实地层条件的孔喉分布有较大差别^[1]。为此,为了研究在地层条件下流体的渗流特征,准确进行储量计算,我们采用了常规压汞资料及在模拟地层压力状态的压汞资料进行地面、地层条件下的储层特征研究。

1 孔、渗特征的对比研究

随着上覆沉积负荷的不断加大,压力不断加大,沉积物发生机械压实作用。在压实过程中伴随沉积物颗粒接触越来越紧密,流体不断排除,沉积物密度增加,孔隙度、渗透率降低。根据真柄钦次(1981)的研究,在浅处孔隙度降低快,随埋深加大而减缓。孔隙度随深度呈指数下降:

$$\Phi = \Phi_0 e^{-cz}$$

式中: Φ —深度 z 处的页岩孔隙度值(%);

Φ_0 —地表($z=0$)页岩的孔隙度(%);

c —常数;

e —自然对数的底

一般来说,随着孔隙度的降低,渗透率也随之降低。

收稿日期:1999-08-26

作者简介:赖生华,男,32岁,博士,从事沉积学及储层地质研究

根据取自该油田储层的 1-12、1-13、1-20、3-26 四个样品进行了不同压力条件下孔隙度、渗透率测定(表 1,表 2)。

表 1 围限压力孔隙度($\phi/\%$)测定结果表

Table 1 Determinations of the confined pressure and porosity

样号 \ p	0	1.0	3.0	5.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
1-12	1.31	1.29	1.18	1.14	1.04	0.94	0.89	0.88	0.87
1-13	10.38	10.30	10.19	10.11	9.95	9.78	9.69	9.64	9.62
1-20	9.06	8.96	8.82	8.73	8.55	8.40	8.31	8.23	8.20
3-26	6.44	6.43	6.34	6.26	6.14	6.02	5.96	5.90	5.88

表 2 围限压力渗透率($K/10^{-13}\mu\text{m}^2$)测定结果表

Table 2 Determinations of the confined pressure and permeability

样号 \ p	1	5	10	20	30
1-12	0.01	0.0012	0.0006	0.0003	0.0002
1-13	0.039	0.0222	0.0192	0.00166	0.0159
1-20	0.031	0.0117	0.0054	0.0045	0.0042
3-26	0.0597	0.0179	0.013	0.0063	0.0057

取沉积岩平均密度 $\rho = 2.32\text{g}/\text{cm}^3$, 将不同压力换算成相应深度, 作出孔隙度、渗透率随深度变化曲线(图 1)。

从图中可见, 孔隙度、渗透率随深度增加而指数下降。以 1-13 样品为例, 孔隙度、渗透率与深度之间的关系式为:

$$\phi = 10.225 \times 0.999966^z, r = 0.92; K = 0.0431062 \times 0.997171^z, r = -0.92$$

ϕ —孔隙度(%); K —渗透率($10^{-13}\mu\text{m}^2$); z —深度(m); r —相关系数。

在不同地面孔隙度、渗透率条件下, 其地层条件下的孔隙度、渗透率下降不同。其孔隙度降低为 4.14% ~ 20.6%, 平均为 9.78%; 渗透率下降为 50.6% ~ 76.9%, 平均为 64.15%。可见, 在地层条件下渗透率降低值远高于孔隙度降低值。说明在上覆地层压力作用下, 主要是喉道显著缩小, 给流体运移造成较大阻力, 故渗透率的压力敏感性远较孔隙度高。

表 3 表明, 随着地面孔隙度、渗透率降低, 在地层条件下孔、渗下降幅度增大。1-12 样品地面孔隙度为 1.31%, 渗透率为 $0.0026 \times 10^{-13}\mu\text{m}^2$, 在地层条件分别为 1.04%, $0.0006 \times 10^{-13}\mu\text{m}^2$, 相应的孔、渗下降幅度分别为 20.6% 和 76.9%。1-13 样品, 其地面孔隙度为 10.38%, 渗透率为 $0.0389 \times 10^{-13}\mu\text{m}^2$, 地层条件下的孔隙度为 9.95%, 渗透率为 $0.0192 \times 10^{-13}\mu\text{m}^2$, 相应的孔、渗下降幅度分别为 4.1% 和 49.4%。因此, 研究地层条件下特别是低孔、低渗条件下孔隙度、渗透率的变化规律对准确认识地层流体的渗流特征, 对提高储量计算精度等都具有重要意义。

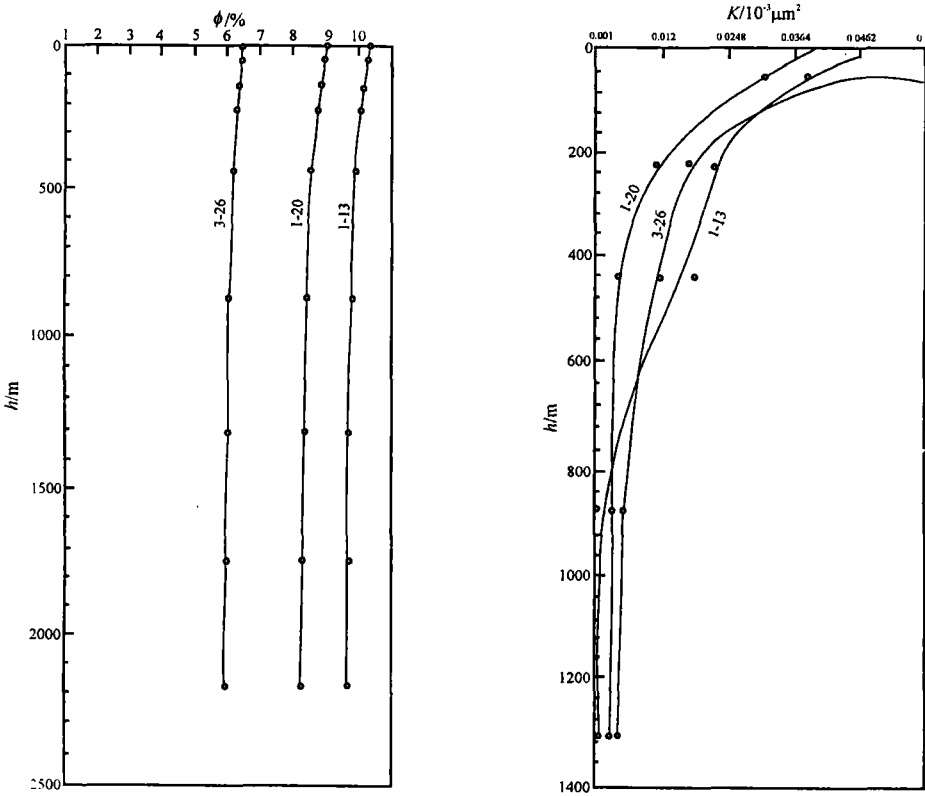


图 1 孔隙度、渗透率随深度变化曲线

Fig. 1 Curves for porosity and permeability as a function of depth

表 3 不同地面孔、渗条件下的下降率

Table 3 The rates of decrease in porosity and permeability on the surface

样品号	常规物性		地层条件下的物性特征		下降幅度/%	
	Φ /%	$K/10^{-13}\mu\text{m}^2$	Φ /%	$K/10^{-13}\mu\text{m}^2$	Φ	K
1-12	1.31	0.0026	1.04	0.0006	20.6	76.9
1-13	10.38	0.00389	9.95	0.0192	4.1	49.4
3-26	6.44	0.0371	6.14	0.013	4.6	65

地层、抛面条件的孔隙度与渗透率之间的关系为(图 2):

$\Phi_f = -0.1344 + 0.9995\Phi, r = 0.9996; K_f = -0.001625 + 0.5281K, r = 0.9748$

Φ 、 K —分别为地面条件下的孔隙度(%)、渗透率($10^{-13}\mu\text{m}^2$); Φ_f 、 K_f —分别为地层条件下的孔隙度(%)、渗透率($10^{-13}\mu\text{m}^2$); r —相关系数。

2 孔隙结构特征的对比研究

常规压汞确定的孔隙分布是在地层应力释放后的岩石视孔喉分布,这种四面进汞不能

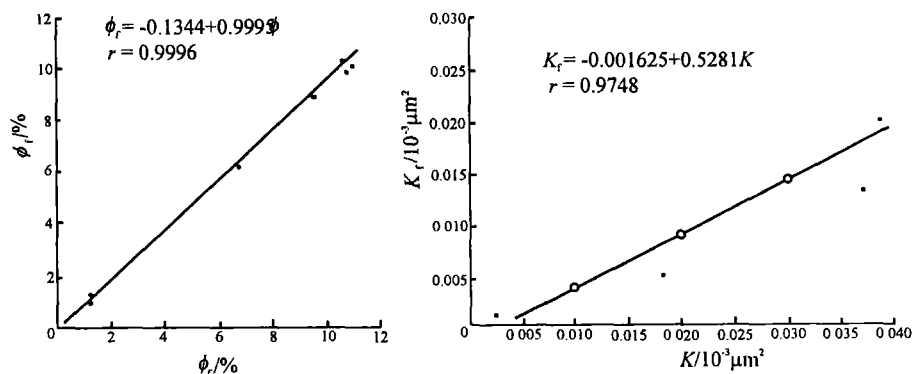


图2 地层、地面条件下的孔隙度与渗透率之间关系

Fig. 2 The relationship between the surface and subsurface porosity and permeability

完全反映有效应力下的流体流动特征和孔隙大小分布的实际状况。为了搞清在地层条件下储层的孔隙结构特征,笔者选择 1-12、1-13、3-26 三块样在恢复地层应力的状况下作单向流动压汞分析,并与同一岩心常规压汞资料进行了对比分析。

(1)在围压作用下,储集岩的喉道半径减小,特别是大喉道、大孔隙减小更明显。故在有效应力作用下,储集岩的排驱压力增高、孔喉分选更好,更趋向于细歪度。

(2)通过实测资料,任一样品在有效应力下的排驱压力(p_{c10})、饱和度中值压力均较常规压汞下排驱压力、饱和度中值压力高。3 块样品在常规压汞下的排驱压力为 39.96~25.3518MPa,饱和度中值压力为 9.719~73.8434MPa,而在有效应力作用下分别为 11.6121~49.0761MPa, 18.6796MP~测不出(1-12 测不出),其分别上升了 93.6%~190.6%、88.3%~92.2%。因此排驱压力的上升幅度较饱和度中值压力上升幅度高。

(3)在有效应力条件下,最大喉道半径明显减小。3 块样品在地面条件下 r_{c10} 为 0.03~0.188 μm ,而在有效应力条件下为 0.015~0.065 μm ,缩小了 50%~65.4%(表 4)。

(4)两种压汞所得的孔喉大小分布频率图见图 3,由图可见两种压汞所得的孔分布有明显差别。在施加围限压力后,储集岩的大孔喉明显缩小。由 3 块样品的资料计算,大于 0.075 μm 、0.1 μm 、0.2 μm 的孔喉体积百分数减小了近一半或完全不存在。

总之,在围压下主要是使孔喉特别是大孔喉压缩,流体的流动受到明显的阻碍,所以在地层条件下储层的渗透率较地面条件低。

3 结论

通过上述研究,在围压作用下储层的孔隙度和渗透率明显降低,其中渗透率降低幅度远高于孔隙度降低幅度。随着地面孔、渗性变差,在地层条件下的孔、渗下降幅度增高。同样,在围压作用下,孔喉系统的排驱压力、饱和度中值压力和大孔喉所控制的孔隙体积百分比及喉道半径均降低,而孔喉的分选变好。因此,研究在地层条件下的储层物性特征对提高储量计算精度和确定流体渗流特征,对油田开发部具有实际意义。

表 4 地面、地层条件下孔隙结构参数比较
Table 4 Comparison of pore parameters in the surface and subsurface conditions

项 目 \ 样 号		1-12	1-13	3-26
地面 条件 压汞 参数	$p_{cl0}/0.1\text{MPa}$	253.518	39.96	139.758
	$p_{cs0}/0.1\text{MPa}$	738.434	97.190	352.199
	$r_{cl0}/\mu\text{m}$	0.03	0.188	0.054
	$r_{cs0}/\mu\text{m}$	0.01	0.077	0.021
	$r_c>0.075/\mu\text{m}$	0	53.073	1.283
	$r_c>0.1/\mu\text{m}$	0	39.494	0.835
	$r_c>0.2/\mu\text{m}$	0	10.65	0
地层 条件 压汞 参数	$p_{cl0}/0.1\text{MPa}$	490.761	116.121	304.837
	$p_{cs0}/0.1\text{MPa}$	—	186.796	663.06
	$r_{cl0}/\mu\text{m}$	0.015	0.065	0.025
	$r_{cs0}/\mu\text{m}$	—	0.04	0.011
	$r_c>0.075/\mu\text{m}$	0	2.179	0
	$r_c>0.1/\mu\text{m}$	0	1.417	0
	$r_c>0.2/\mu\text{m}$	0	0	0
地下 地面 差 比值 (%)	$p_{cl0}/0.1\text{MPa}$	93.6	190.6	118.1
	$p_{cs0}/0.1\text{MPa}$	—	92.2	88.3
	r_{cl0}	-50	-65.4	-53.7
	r_{cs0}	—	-48.5	-47.6
	$r_c>0.075$	—	-95.9	-100
	$r_c>0.1$	—	-96.4	-100
	$r_c>0.2$	—	-100	—

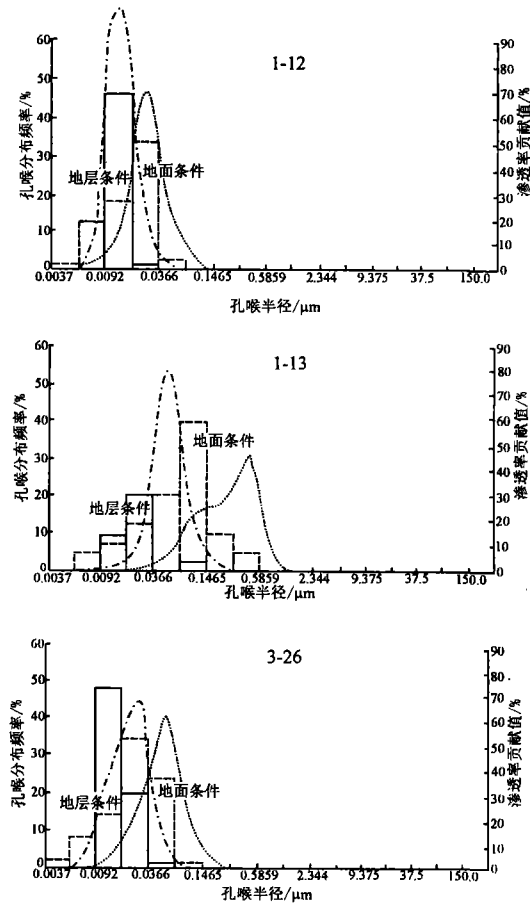


图 3 第三系储层地面、地层条件下孔喉分布图
Fig.3 Distribution of pore throats in the Tertiary reservoirs in the surface and subsurface conditions

参考文献:

[1] 向阳. 油气储集层岩心特殊物理研究方法[M]. 成都:四川科学技术出版社,1994.

The comparative study of physical properties of the surface and subsurface hydrocarbon reservoirs in one oilfield in western China

LAI Sheng-hua¹, YU Qian², LIU Wen-bi¹, PENG Jun¹

(1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China)

Abstract: A quantitative correlation of physical properties of the surface and subsurface hydrocarbon reservoirs in one oilfield in western China was made in the light of the data on the surface and subsurface capillary pressures. The results of research show that the porosity, permeability, delivery pressure, median saturation pressure, percentage of pore volumes controlled by pore throats, and throat radius tend to decrease under the influence of confined pressures, while the sorting of pore throat tend to be much better. The present study will help improve the precision of reserve calculations and identify the seepage flows in the strata.

Key words: reservoir property; porosity; permeability; pore throat

本 刊 重 要 启 事

为适应信息化建设的需要,扩大作者学术交流渠道,本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“中国期刊网”(www.chinajournal.net.cn,或 www.cnki.net),中国科技信息研究所万方(数据)集团公司“www.chinainfo.gov.cn/periodical/”网。作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意将文章编入上述数据库,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。

特此声明

《岩相古地理》编辑部
一九九九年十一月