

Tight Oil Reservoir Characteristics of Chang 7 member in Zhenbei Area, Ordos Basin

Xi Cao^{1,2}

1.School of Earth Science and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710095, China

2.Key Laboratory of Petroleum Accumulation Geology, Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi, 710095, China

【Abstract】 Tight oil has become the focus of oil and gas exploration in recent years. However, due to its complex pore throat structure, poor physical properties and high difficulty in exploitation, this paper, based on the theory of sedimentology, logging, petroleum geology, oil and gas reservoir geology, uses core observation, mercury intrusion test, scanning electric mirror and other methods to select 17 wells and 88 core samples from the study area for reservoir characteristics research, in order to provide basic geological data for exploration and development. The results show that: ①the lithology of the area is mainly fine sandstone, with fine grain size, poor sorting and roundness, and the content of fillings reaches 15.7%, mainly clay minerals and carbonate minerals, and the cementation type is mainly pore cementation; ②The pore types are mainly feldspar dissolved pores and intergranular residual pores, accounting for 54.90% and 29.38% of the total pores. The overall pore throat structure is poor, belonging to the small pore micro throat type. The drainage pressure is high, with an average of 3.16 MPa, and the median radius of throat is small, with an average of 0.069 μ m. The sorting property is poor, the average sorting coefficient is 1.12, the pore throat distribution is relatively uniform, and the average average coefficient is 12.55; ③The tight reservoir has poor physical properties, with an average porosity of 9.2% and an average permeability of 0.17mD. The overall physical properties are poor. The porosity and permeability planes are quite different, with good physical properties in the north and southwest; Chang 7₂¹, Chang 7₁¹, Chang 7₁² have good physical properties.

【Keywords】 Chang 7 member; Reservoir characteristics; Tight oil reservoir; Zhenbei District

鄂尔多斯盆地镇北地区长 7 段致密油储层特征

曹晰^{1,2}

1.西安石油大学地球科学与工程学院, 中国·陕西 西安 710065

2.陕西省油气成藏地质学重点实验室, 中国·陕西 西安 710065

【摘要】致密油成为近年来油气勘探重点,但由于其储层孔喉结构复杂,物性较差,开采难度较高,论文以沉积学、测井、石油地质学、油气储层地质学等理论为基础,运用岩心观察、压汞测试、扫描电镜等方法,从研究区选取17口井,88个岩心样品进行储层特征研究,以期勘探开发提供基础地质资料。结果发现:①该区岩性以细砂岩为主,粒度较细,分选性与磨圆度较差,填隙物含量达到15.7%,主要为黏土矿物和碳酸盐矿物,胶结类型主要为孔隙型胶结;②孔隙类型主要为长石溶孔和粒间残余孔,占整体孔隙比例达到了54.90%和29.38%,总体孔喉结构较差,属于小孔微细喉型。排驱压力较高,平均为3.16 MPa,喉道中值半径较小,平均为0.069 μ m,分选性较差,分选系数平均值为1.12,孔喉分布较均匀,均值系数平均为12.55;③致密储层物性差,平均孔隙度为9.2%,平均渗透率为0.17 mD,总体物性较差。孔渗平面差异较大,北部及西南部物性较好;纵向上长 7₂¹、长 7₁¹、长 7₁²物性均较好。

【关键词】长 7 段; 储层特征; 致密油储层; 镇北地区

DOI: 10.12345/smg.v4i5.11858

1 引言

非常规油气资源在全球能源结构中的重要性不言而喻。致密油作为当今全球最重要的非常规油气,发展潜力巨大,也正因此,致密油受到了国内外学者的广泛关注。我国各大盆地中致密砂岩油和致密碳酸盐岩油大量分布,地质储量很高,前景广阔,据目前勘探情况,鄂尔多斯、准噶尔、松辽、渤海湾和四川等盆地都已获得工业发现,总体上致密油地质储量或许可达110×108t^[1,2],在上述已具备现实勘探开发条件的致密油藏中,位于鄂尔多斯盆地延

长组长 7 致密砂岩段的资源量最为丰富^[3]。致密油砂岩储集层大规模稳定分布且石油充注程度高,但受限于储层均质性弱、砂岩储集层低孔低渗致密、孔隙结构和油水渗流情况复杂、资源可开发程度低等因素,我国致密油工业化的发展仍受到制约。目前针对致密油储层特征的研究大都只在其他研究中简略带过,对储层特征进行深入研究的较少。

因此,论文以镇北地区长 7 段致密油储层为研究对象,根据岩心薄片、分析化验、测试、压汞及核磁共振等分析结果,系统研究其岩石学特征、储集空间特征和物性特征等重要储层特征,为高效地差异化开发及制定开发政策提供地质依据。

【作者简介】曹晰(1998-),女,中国陕西宝鸡人,硕士在读,从事储层地质学研究。

2 区域地质概况

鄂尔多斯盆地主要分布在陕甘宁三省，所以又称陕甘宁盆地，同时还辐射到了内蒙古和山西，盆地北邻黄河，南接秦岭，西至贺兰山，东及吕梁山，是中国第二大沉积盆地，有丰富的地质资源。地史时期构造作用较为微弱，构造较为简单，整体上为西倾单斜构造，地层非常平缓，是个简单稳定的大陆内部克拉通盆地。其主力产层位于三叠系、侏罗系及奥陶系上下古生界，总厚度约 5000~10000 m^[4]。

镇北油田在甘肃省庆阳县境内，盆地西南部。东至驿马，西到殷家城，南临镇原，北到木钵。延长组长 7 段是主要的致密油产层，它的油气资源储量非常丰富。经过多期次的湖水动荡，形成了以三角洲前缘水下分流河道和河道侧翼沉积砂体为主的深湖-半深湖相沉积。本次所选取的研究区为天环坳陷和伊陕斜坡之间，主要研究层位为长 7₁ 和长 7₂。

3 储层岩石学特征

研究区致密油储层纵向上岩相变化快、差异大，细砂岩、粉砂岩、泥岩交互发育。以细砂岩为主，含量达到了 80%以上，其次为泥质和粉砂，分别达到了 10.18%和 6.26%。研究区 701 个样品的薄片鉴定结果显示，砂岩储集体中岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩占主导地位，少部分为长石砂岩（见图 1）。粒度较细，平均中值为 0.122mm，分选性较差，主要为差-中等分选，分选好的只占 13.25%。碎屑颗粒大多呈次棱角状，类型多样，主要为孔隙型胶结。

砂岩碎屑组分中石英、长石和岩屑的平均体积分数分别为 40.1%，20.3% 和 18.0%，具有高石英、低长石的特点。研究区长 7 段储层填隙物含量较高，不同区块之间填隙物含量差异明显，平均含量为 15.7%，其种类多样，以自生黏土矿物和碳酸盐矿物为主，并含有少量的硅质和其他矿物。其中自生黏土矿物中以水云母居多，含量达 63.9%，碳酸盐矿物主要为铁方解石和铁白云石，含量分别为 11.18% 和 10.22%。

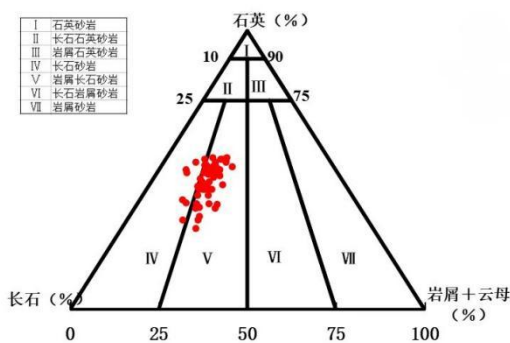


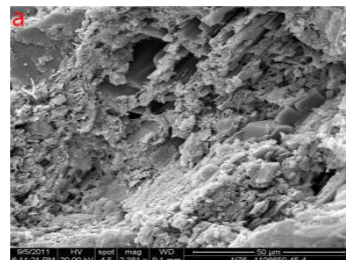
图 1 镇北地区岩石类型三角图

4 储集空间特征

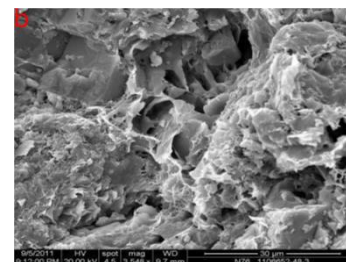
4.1 孔隙类型

研究区内少见原生孔隙，主要孔隙类型为次生孔隙。其中残余粒间孔和长石溶孔最为发育，并含有少量岩屑溶孔、晶间孔、粒间溶孔以及微裂隙。面孔率低，平均为 1.66%。

长石溶孔最为发育，占比达 54.90%，残余粒间孔次之，占比为 29.38%。在酸性流体介质条件下，长石颗粒发生非全等溶解，从而形成长石溶孔（图 2a）。粒间孔主要为原生粒间孔隙经绿泥石膜和石英次生加大胶结充填后的剩余粒间孔（图 2b）。岩石发生同生作用，在此过程中填隙物会将颗粒间的部分孔隙充填，其中有一部分孔隙没有被胶结物充填，而是保留了下来，我们将这部分孔隙称为残余粒间孔，可作为储层的有效储集空间。微裂缝（图 2c）是储层因受到构造、压力等外力导致岩石发生破裂而形成的。它可以作为储层的储集空间来储集油气的，同时在油气运移过程中也起着积极地作用，能很好地改善储层连通性和渗透性能^[5]。



a.X236-61(1786.2m, 长石溶孔)



b.N20(1769.4m, 粒间孔)



c.B15(长 7₁ 1888.0m, 微裂缝)

图 2 镇北地区长 7 储层主要孔隙类型

4.2 孔隙结构

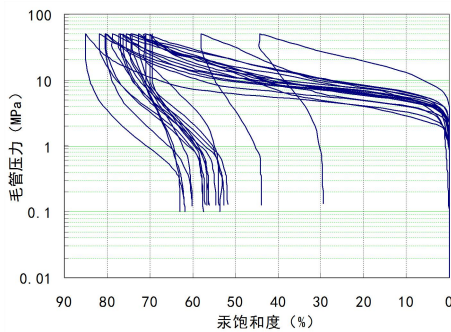
通过对 11 口井进行了压汞试验得到以下孔隙结构表征参数（表 1），可知研究区总体孔隙结构较差，属于小孔微细喉型。其排驱压力较高，喉道

中值半径较小,分选性较差。

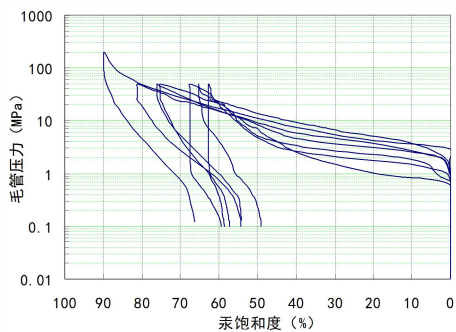
储层平均中值压力为 10.5 MPa, 平均中值半径为 0.069 μm , 平均排驱压力为 3.16 MPa。排驱压力越低, 就说明其孔渗性能越好。均值系数平均为 12.55, 表明其孔喉分布比较均匀。分选系数可以表示孔喉的均一程度, 两者呈负相关关系。分选系数越低则表示均一程度越好, 反之则越差。研究区分选系数平均值为 1.12。孔喉连通性与储层物性的关系密切, 其主要表征参数为最大汞饱和度和退汞效率, 分别为 75.7% 和 25.1% (见图 3)。

表 1 镇北地区长 7 致密油储层压汞参数统计表

层位	长 7 ₁	长 7 ₂	合计	
井数	7	4	11	
样品数	16	7	23	
孔隙半径及分布参数	中值压力 (MPa)	11.3	9.6	10.5
	中值半径 (μm)	0.065	0.076	0.069
	排驱压力 (MPa)	3.30	2.91	3.16
孔喉连通特征参数	最大汞饱和度 (%)	75.7	75.7	75.7
	退汞效率 (%)	25.1	25.1	25.1
孔喉分选特征参数	分选系数	1.06	1.17	1.12
	均值系数	12.61	12.49	12.55



a. 长 71 毛管压力曲线



b. 长 72 毛管压力曲线

图 3 镇北地区长 7 毛管压力曲线

5 储集物性特征

致密油储层物性普遍较差, 通过对研究区 18 口井 8032 块岩样的研究可得, 孔隙度分布范围在 1.3%-12.2% 之间, 主要集中在 9%-12% 的区间内, 平均孔隙度为 9.2%。渗透率分布范围在 0.02mD~0.51mD, 主要集中在 0.05mD~0.2mD, 平均为 0.17mD。

平面上主体带孔渗的分布与砂体的展布一致性较高, 即砂质碎屑流砂体发育, 砂层厚度大的区域孔隙度和渗透率相对较高, 而砂质碎屑流砂体不发育, 砂层厚度薄的区域孔隙度和渗透率相对较低。整体上孔渗平面差异较大, 北部及西南部物性较好; 纵向上长 7₂¹、长 7₁¹、长 7₂² 物性均较好。

6 结语

(1) 镇北地区储层岩性以岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩为主, 呈现高石英、低长石的特点。粒度较小, 以细砂为主, 分选性与磨圆度均较差。填隙物总量为 15.7%, 水云母、铁方解石和铁白云石为其主要成分, 除此之外还有少量硅质、绿泥石、方解石等。

(2) 研究区主要发育次生孔隙。长石溶孔和残余粒间孔最为发育, 同时发育部分岩屑溶孔、粒间溶孔和晶间孔, 局部有微裂隙。研究区总面孔率较低, 为 1.66%。孔喉结构较差, 属于小孔微细喉型。

(3) 储层物性差, 平均孔隙度为 9.2%, 平均渗透率为 0.17mD, 属于致密储层。孔渗平面差异较大, 北部及西南部物性较好; 纵向上长 7₂¹、长 7₁¹、长 7₂² 物性均较好。

参考文献

- [1] 张忠义, 陈世加, 姚泾利, 等. 鄂尔多斯盆地长 7 段致密储层微观特征研究[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2016(06): 70-80.
- [2] 祝海华, 钟大康, 姚泾利, 等. 鄂尔多斯西南地区长 7 段致密油储层微观特征及成因机理[J]. 中国矿业大学学报, 2014(05): 853-863.
- [3] 钟大康. 致密油储层微观特征及其形成机理——以鄂尔多斯盆地长 6—长 7 段为例[J]. 石油与天然气地质, 2017(01): 49-61.
- [4] 代金友, 李建霆, 任茜莹, 等. 西峰油田长 8 低渗致密储层微观特征[J]. 科学技术与工程, 2019: 123-130.
- [5] 耳闯, 赵靖舟, 姚泾利, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长 7 油层组页岩-致密砂岩储层孔缝特征[J]. 石油与天然气地质, 2016(03): 341-353.