

Fine Evaluation of Tight Sandstone Reservoir Characteristics in Member 8 of H220 Area, YC Oilfield

Jingyu Pan¹ Guiping He² Tianqi Chen³ Gefeng Du¹ Xiaomei Zheng¹

1. School of Earth Science and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2. Changqing Oilfield Group Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710065, China

3. No.6 Oil Production Plant, Changqing Oilfield, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

Abstract

This paper is committed to improving the exploration and development deployment of tight oil in YC Oilfield, so as to achieve the overall goal of efficient oil production. Based on the study of regional geological laws, 12 cores from 2 wells were synthesized, and conventional mercury injection, scanning electron microscopy, casting thin section and conventional/imaging logging data were analyzed, rock mechanics characteristics were studied and evaluated, and in-depth research was conducted on reservoir characteristics. The results show that, the study area belongs to delta plain sedimentary environment in Chang 8 period; Feldspar rock debris and rock debris feldspathic sandstone are dominant, and the pore throat combination is mostly small pore fine throat type; The lower limit of porosity is 5.0%, and the lower limit of permeability is 0.07mD. The physical property of the eastern reservoir is slightly better than that of the western reservoir; The percentage of samples with cracks is 3.19%; According to imaging logging data of typical fracture type oil wells, 5 fractures are identified, with a linear density of 0.36 fractures/m; The dominant orientation of the fracture is NEE direction, accounting for more than 70%. The fracture strike is parallel to the direction of the maximum principal stress of the formation.

Keywords

tight sandstone reservoir; reservoir characteristics; logging interpretation; imaging logging

YC 油田 H220 区长 8 段致密砂岩储层特征精细评价

潘景宇¹ 何桂平² 陈天琦³ 杜戈峰¹ 郑晓梅¹

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 中国·陕西 西安 710065

2. 长庆油田长庆实业集团有限公司, 中国·陕西 西安 710065

3. 长庆油田第六采油厂, 中国·陕西 西安 710065

摘要

论文致力于完善YC油田致密油勘探开发部署, 进而实现高效产油的总体目标, 以区域地质规律研究为基础, 综合2口井12块岩心, 进行了常规压汞、扫描电镜、铸体薄片以及常规/成像测井资料进行分析, 开展岩石力学特征研究及评价, 针对储层特征开展深入研究, 结果表明, 研究区长8期属于三角洲平原沉积环境; 长石岩屑及岩屑长石砂岩为主, 孔喉组合多为小孔细喉型; 孔隙度下限为5.0%, 渗透率下限值0.07mD东部储层物性较西部略好; 含裂缝样品占比3.19%; 根据典型裂缝型油井成像测井资料共识别出裂缝5条, 裂缝线密度0.36条/m; 裂缝优势方位为NEE方向、占比70%以上, 裂缝走向平行于地层最大主应力方向。

关键词

致密砂岩储层; 储层特征; 测井解释; 成像测井

1 引言

随着石油勘探开发技术不断的突破, 石油领域油气田开发工作也进入了非常规时代, 致密油的勘探与开发就当下

来说已经是不可小视的是重点研究领域。位于鄂尔多斯盆地西侧的盐池地区至今共提交了三级储量合计 1.27 亿吨, 是近年来中国当前非常规资源产能建设的主要目标区域。而 YC 油田 H220 区中的长 8 储层作为其中主力产层之一, 论文将会以区域基础地质规律研究作为主要依据, 并且针对储层特征开展深入研究, 开展岩石力学特征研究及评价, 结合测井二次精细解释、产能主控因素分析等技术手段, 建立储层综合分类评价方法, 为区域增储、产能建设提供依据, 持续夯实油田稳产资源基础。

【基金项目】中国石油集团科技开发项目(项目编号: 2021DJ3301)。

【作者简介】潘景宇(1996-), 男, 中国安徽合肥人, 在读硕士, 从事油气田开发地质研究。

2 研究区地质概况

鄂尔多斯盆地属于一个构造相对较为简单的大型多旋回克拉通盆地,其盆地整体沉降而且拗陷迁移,其下划分共划分出:伊盟隆起、晋西挠褶带、渭北隆起、伊陕斜坡、西缘冲断带以及天环拗陷6个一级构造单元。YC油田H220区位于鄂尔多斯盆地西侧的天环拗陷一级构造单元的北段,经印支运动和燕山运动等构造运动的先后改造下, YC油田H220区发育近东西向逆断层,倾向多为南西方向^[1]。

YC油田主力储层为晚三叠系延长组,依据鄂尔多斯盆地西北部中生界地层划分方案以及其沉积旋回特征和油层分布规律,延长组地层分为长1~长10十个小层,论文研究区位于延长组中的长8段^[2]。鄂尔多斯盆地构造区划分图如图1所示。

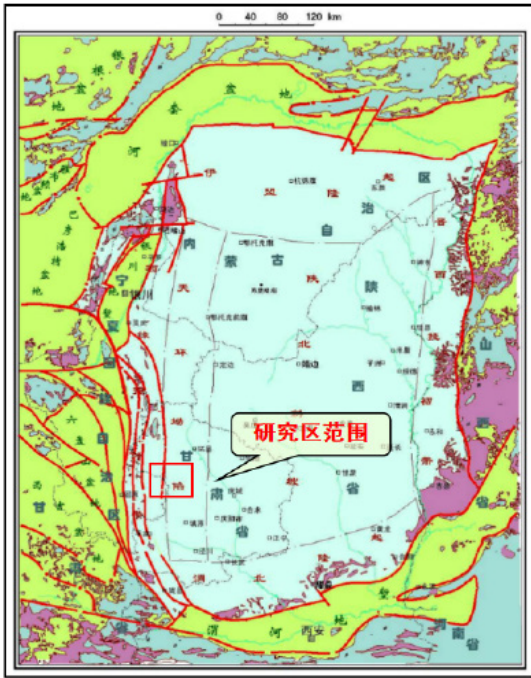


图1 鄂尔多斯盆地构造区划分图

3 沉积特征

根据文献调研,以前人研究成果为指导,共针对5口井开展岩心观察,累计观察岩心厚度12m。YC油田中三叠系延长组长8段地层中发育灰褐色、暗灰色、灰色细砂岩,灰黑色、深灰色、灰色泥岩,局部见植物化石、虫孔等,沉积构造多为砂纹交错层理、变形层理,反映为浅水动荡条件下三角洲平原沉积环境。YC油田H220区长8段分流河道分布广泛,形成了相对优质储集体,各小层砂体呈低弯度“条带状”分布,宽度3~7km^[3]。

砂体发育形态及规模严格受控于沉积微相展布规律,长8三角洲平原分流河道处,砂体沿北西至南东向广泛发育,形成优质储集体。研究区东部砂体厚度主要分布于8~32m区间,平均值13.4m,西部砂体厚度主要分布于6~26m区间,

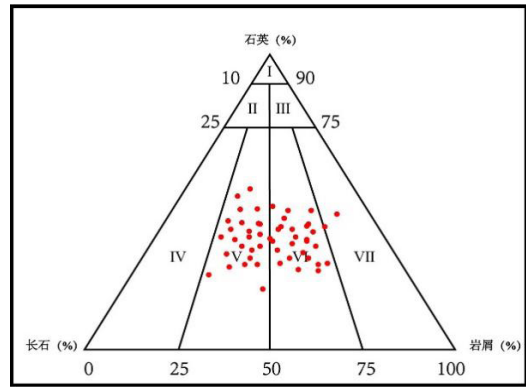
平均值10.1m。

4 储层微观特征

论文通过岩心取样、毛管压力压汞法测试等实验对YC油田H220区的致密砂岩储层的岩石类型、裂缝类型以及孔隙结构等进行细致分析展开解析研究,精细刻画出了致密砂岩储层相关参数^[4]。

4.1 岩石学特征

分析整理了研究区6口井48个样品的岩性资料以及铸体薄片数据,判断得出主要特征为:长8段的主要成分为长石岩屑砂岩以及岩屑长石砂岩(如图2所示)。



I—石英砂岩; II—长石石英砂岩; III—岩屑石英砂岩; IV—长石砂岩; V—岩屑长石砂岩; VI—长石岩屑砂岩; VII—岩屑砂岩

图2 YC油田长8₁储层砂岩岩石成分三角图

4.2 孔隙类型

通过6口井30个样品铸体薄片观察孔隙类型,发现YC油田H220区长8段的平均面孔率为2.72%,发现YC油田H220区是以长石溶孔为主要孔隙类型,其他多是在机械压实的作用下以及多种胶结作用之下生成的剩余的原生粒间孔,局部可见岩屑溶孔、晶间孔等^[5]。YC油田H220区的孔隙形态往往多为三角形或者四边形,孔隙间往往以短喉道和窄喉道相连。YC油田H220区中孔喉组合较多为小孔细喉型,在一些部分局部区域发育残余粒间孔、长石溶蚀等建设性成岩作用相带。YC油田H220区中的粒间孔主要是早期的薄膜状绿泥石在胶结作用下形成的残余粒间孔;另外长石和部分其他的可溶物质经过溶解而形成的孔隙组成了其中的次生孔隙,致密砂岩储层中,晶间孔、微孔的发育及分布主要受岩石中自生粘土及碎屑粘土的控制^[6]。

4.3 孔隙结构

通过4口井24个样品进行毛管压力压汞法测试,发现H220区的长8储层中值压力较高、中值半径较小,再结合以毛管压力测试曲线和微观孔喉结构等特征参数,本次研究计划将孔隙结构结合前人的研究经验后划分为以下4种类型: I类孔隙结构总结为,毛管压力压汞曲线反映出非典型

的三段式结构或者是反映出典型的两段式的结构，在 I 类孔隙结构中拥有分选较好，发育孔隙比较大，孔喉半径大，渗透能力比较强等特点；II 类孔隙结构总结为，毛管压力压汞曲线反映出典型的三段式结构，但是却相比较对于前者划分出的 I 类孔隙结构较短，在 II 类孔隙结构中有着分选性中等-差，而且发育有中孔、大孔，而且连通性相比较前面划分出的 I 类孔隙结构是略差的；III 类孔隙结构总结为，毛管压力压汞曲线反映出明显的三段式结构；IV 类孔隙结构总结为，毛管压力压汞曲线反映出明显的无平台结构，在 IV 类孔隙结构中具有物性比较差，孔喉连通性差和发育微孔的特点（见表 1）。在 YC 油田 H220 区中 II 类孔隙结构类型最为常见，占比分别为 53.82% 孔喉半径主要分布在 0.05~0.25 μm 范围内，III 类次之、占比 27.74% 孔喉半径主要分布在 0.03~0.2 μm 范围内^[7]。

表 1 YC 油田三叠系延长组长 8 储层微观孔喉结构特征参数统计

孔喉半径及分布参数	中值压力	(MPa)	10.622
	中值半径	(μm)	0.134
	排驱压力	(MPa)	2.022
孔喉连通特征参数	最大进汞	(%)	68.564
	退汞效率	(%)	34.884
孔喉分选特征参数	均值系数		10.012
	分选系数		1.734
	变异系数		0.158

4.4 孔喉半径与孔渗关系

通过 4 口井 24 个样品进行毛管压力压汞法测试，根据样品孔隙度、渗透率的差异，论文将毛管压力曲线划分为孔隙型和喉道型两种类型，喉道型毛管压力曲线总结为：喉道毛细管压力曲线的变化趋势与整体毛细管压力曲线的变化趋势大致相同；孔隙型毛管压力曲线总结为：孔隙毛细管压力曲线的变化趋势与整体毛细管压力曲线的变化趋势大致相同（见表 2）。

表 2 YC 油田三叠系延长组长 8 储层毛管压力恒速压汞法测井记录表

井号	X80	X80	X88	X94	
层位	长 8 ₁ ¹	长 8 ₁ ¹	长 8 ₁ ¹	长 8 ₁ ¹	
孔隙度	(%)	8.42	10.42	9.59	10.34
渗透率	(mD)	0.377	0.214	0.285	0.234
进汞饱和度	(%)	46.759	40.132	37.074	35.765
孔隙进汞饱和度	(%)	18.148	24.584	6.361	20.133
喉道进汞饱和度	(%)	28.567	15.524	30.739	15.517
排驱压力	(Mpa)	0.996	0.935	1.171	0.809
最大喉道半径	(μm)	0.748	0.765	0.611	0.874
有效喉道半径	(μm)	0.724	0.584	0.53	0.562
有效孔隙半径	(μm)	132.584	157.747	142.665	152.284
孔喉半径比		226.752	346.499	336.834	399.525
孔喉体积比		0.636	1.564	0.284	1.217

分别计算各测试样品孔隙半径及喉道半径。研究发现每个试验样品孔隙半径的分布比较集中，主要集中在 90~210 μm 范围内；而喉道半径分布相对而言比较分散，研究发现在 0.1~1.4 μm 范围内都有分布。根据试验结果，H220 区长 8 储层孔隙分级均以小孔隙为主、喉道分级大致是细喉道为主，组合多为小孔细喉型为主。分析砂岩薄片鉴定等资料本次研究认为 YC 油田 H220 区是一个被机械压实作用破坏了储层原本的孔隙结构的成岩背景下，而绿泥石膜的胶结适度保护了原生孔隙、溶蚀作用一定程度上改善了储层物性，局部存在碳酸盐、黏土矿物胶结进而阻塞了孔道、填充了孔隙，致使储层物性被一定程度上降低。残余粒间孔、长石溶蚀是一种建设性成岩作用，相应成岩相带主要分布在盐池地区东部，黏土矿物胶结为破坏性成岩作用，主要分布在河道侧翼泥质含量较高部位^[8]。

4.5 物性特征

其中长 8 储层物性较差，岩石碎屑颗粒粒度与储层物性呈现正相关关系，细砂岩对应平均孔隙度为 7.60%、渗透率为 0.1827mD，粉砂岩对应平均孔隙度 5.39%、渗透率 0.0668mD（如图 3、图 4 所示）；岩心样品孔隙度与相应深度声波时差、补偿中子呈现正相关对应关系，而与密度呈现负相关对应关系，即孔隙度越高，补偿中子、声波时差值越高，密度值越低^[9]。

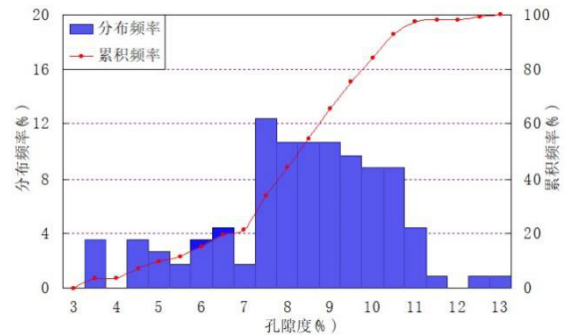


图 3 长 8₁¹ 视孔隙度分布频率图

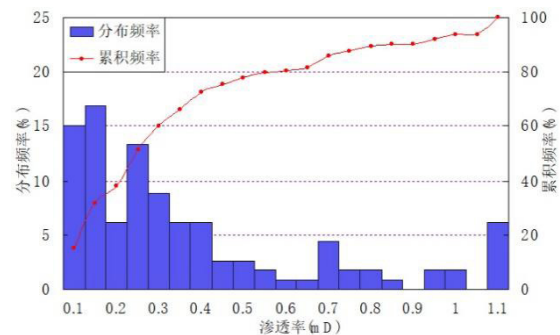


图 4 长 8₁¹ 视渗透率分布频率图

5 天然裂缝分布特征

通过分析 YC 油田其中 20 口井成像测井资料，YC 油

田长8段存在一定数量的天然裂缝，裂缝线密度平均值为0.36n/m，根据成像测井资料裂缝优势方位为NEE方向、占比70%以上，裂缝走向平行于最大主应力方向，可以作为是井网部署重要依据^[10]。

利用成像测井资料，YC油田长8段发育天然裂缝，主要特征是因为钻井泥浆侵入或者导电矿物和泥质充填所导致的反映深黑色正弦曲线。对研究区内天然裂缝进行定向分析，认为YC油田长8段裂缝优势方位为NEE方向、占比70%以上，局部区域偶见NWW方向天然裂缝（如图5、图6所示）。根据常规物性测试，含裂缝样品占比3.19%，平均渗透率为8.29mD。

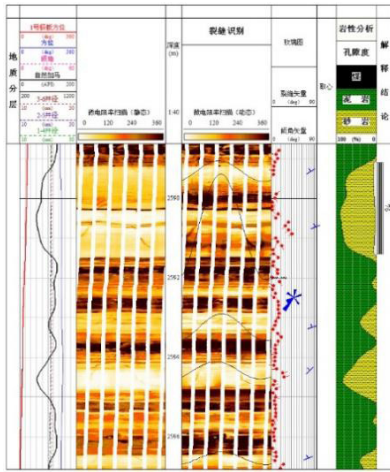


图5 F70井长8₁成像测井解释成果图

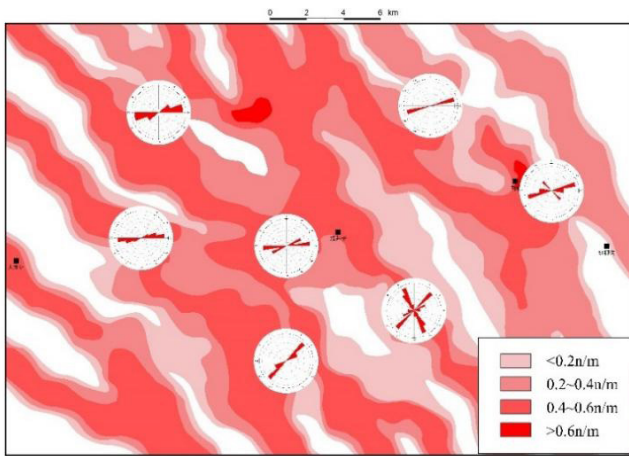


图6 H220区长8₁裂缝线密度分布图

识别并统计长8段探井、生产井裂缝数量，计算各小层裂缝线密度，并与压裂施工压力参数及试油效果进行相关性分析。结果表明，裂缝发育频率越高，压裂施工压力参

数越低，试油产液量、产油量呈增高趋势，产水量变化趋势不明显，反映了裂缝对油气运聚及单井产能的正向影响。

6 结论

① YC油田长8段属于三角洲平原沉积环境；长8段分流河道分布广泛，形成了相对优质储集体；砂体发育受控于沉积微相展布规律，各小层砂体平面上呈低弯度条带状分布，宽度范围以4~6km为主。

② YC油田长8段主要是岩屑长石砂岩和长石岩屑；孔喉组合主要是小孔细喉型；孔隙类型主要是长石溶孔其次是粒间孔；研究区孔隙度下限为5.0%，渗透率下限值0.06mD。

③ YC油田长8段天然裂缝发育频率适中，根据常规物性测试，含裂缝样品占比3.19%；根据20口井成像测井资料共识别出裂缝724条，裂缝线密度0.36n/m；裂缝优势方位为NEE方向、占比70%以上，裂缝走向平行于地层最大主应力方向。

参考文献

- [1] 欧阳征健,冯娟萍,龚慧山,等.鄂尔多斯盆地西缘横山堡地区构造特征与油气勘探目标优选[J].地质科学,2021,56(1):19-27.
- [2] 廖青.鄂尔多斯盆地长7段有效烃源岩及其控油作用[D].北京:中国石油大学,2019.
- [3] 邵晓州,王苗苗,齐亚林,等.鄂尔多斯盆地盐池地区中生界断裂特征及其石油地质意义[J].中国石油勘探,2022,27(5):83-95.
- [4] 刘显凤,向晋秦,惠潇,等.鄂尔多斯盆地庆城地区延长组中上部高分辨率层序地层格架展布及演化特征[J/OL].天然气地球科学:1-23[2022-11-09].
- [5] 张毅颖,柳广弟,袁伟.鄂尔多斯盆地盐池地区长7段烃源岩古沉积环境分析[C]//第十五届全国古地理学及沉积学学术会议摘要集.[出版者不详],2018:154-155.
- [6] 王艺帆,谭成仟.鄂尔多斯盆地盐池地区长6₃储层特征研究[J].河北地质大学学报,2022,45(1):31-37.
- [7] 孙琪,谭成仟,窦煜,等.沧东凹陷南皮斜坡孔二段致密砂岩储层特征及优质储层形成机理[J].桂林理工大学学报,2022,42(1):46-54.
- [8] 曾星航,祁尚义,许国庆,等.带压渗吸核磁共振实验研究——以江汉盆地潜江凹陷潜江组泥质白云岩为例[J/OL].油气地质与采收率:1-8[2022-11-09].
- [9] 梁旺东,王子龙.基于灰色关联选取特征向量的BP神经网络岩相识别——以X油田A区部分井为例[J].北京石油化工学院学报,2022,30(2):24-29.
- [10] 孟展,黄峰.鄂尔多斯盆地化子坪油区长6致密油层识别方法研究[J].当代化工研究,2022(15):123-125.