

# 志丹油区长 6 储层特低渗低阻油层特征研究\*

谢青<sup>1)</sup>, 江宽<sup>2)</sup>, 时圣彪<sup>3)</sup>

1) 长安大学地球科学与资源学院, 西安, 710054;

2) 中国石油西部管道兰州输气分公司, 兰州, 730070; 3) 延长油田西区采油厂, 陕西延安, 717500

所谓低电阻率油层(简称低阻油层)是指油层的电阻率增大系数界定为 2 或 3 的油层,即油层电阻率与邻近水层电阻率之比小于 2 或 3 的油层,或其本身绝对电阻率很低。由于低阻油层成因机制复杂,或与水层易混淆,用常规方法很难识别它们,致使大量油气资源被遗失。近年来,在鄂尔多斯盆地志丹地区长 6 发现了大量低阻油层,作为一种非常规油层,在油气资源日益减少的今天显得尤为重要。据研究区扫描电镜、铸体薄片、压汞、岩性、物性、电性及含油性等资料的分析,对志丹地区长 6 层内的低阻油层地质特征进行了深入分析。

## 1 特低渗低阻油层的地质特征

### 1.1 沉积背景

低阻油层多分布在河流相的辫状河、曲流河亚相,湖泊相的滨湖、浅湖亚相,三角洲相的三角洲前缘、滩坝亚相,浊积相的滑塌浊积扇亚相等。研究区长 6 储层以湖泊—三角洲前缘亚相沉积为主,主要发育水下分流河道、河口坝及分流间湾等砂体微相,此沉积环境中的低阻油层总体呈现出微孔隙较发育,束缚水饱和度高的特征。据单井相的分析发现该区低阻油层多出现在正韵律沉积层的上部,该区长 6<sub>1</sub>和长 6<sub>2</sub>顶部均存在上述现象(图 1)。

### 1.2 岩性特征

据区内已发现的低阻油层来看,储层岩性都比较细,主要以灰色细砂、极细砂和中砂为主,占 70%以上(粉砂 3%,极细砂 59%,细砂 28%,中砂 10%),粗砂很少,以泥质胶结和充填物较多;砂泥岩薄层交替出现。粒度中值平均 0.25mm。泥质含量高,且以粘土含量为主,少量碳酸盐岩充填。多数孔隙被泥质充填,一方面增加了阳离子交换量,改善了

储层的电导性;另一方面堵塞孔隙,使束缚水饱和度增大,造成储层电阻率降低。该区 X 井,1721.81~1723.91m 深度段,泥质含量(Vsh)为 3.9,相对较高,相应段电阻率为 14.01Ω·m,而区内常规油层电阻率为 22Ω·m,降低了 8Ω·m。

### 1.3 孔隙度和渗透率特征

研究区长 6 储层孔隙结构复杂,孔隙半径多在 3μm 以下,微孔隙十分发育;孔隙度、渗透率较低,孔隙度主要介于 8%~14%之间,平均孔隙度为 10.13%;渗透率范围主要介于 0.1~1.6mD 之间,平均渗透率为 0.48 mD;据压汞资料,储层排驱压力大,普遍在 2MPa 以上。志丹油区长 6 储层岩性相对致密,孔隙结构复杂,为低孔、特低渗储层。

储层的孔隙度与渗透率之间没有严格的函数关系,这是由于影响它们的因素很多。在一些孔隙度值相同或相近的情况下,与之相对应的渗透率变化却很大,可以从 0.03 mD 到 3 mD 变化,即一个相同或相近的孔隙度值,与之相对应的渗透率值却变化很大。这可反映出储层孔隙结构复杂,成岩作用改造强烈等状况。此外,从区内孔隙度与渗透率的峰值关系可以得出,长 6 储层物性的非均质性较强。分析认为早期及后期的溶蚀与破裂作用,使得孔隙连通性较差,储层渗透率降低。

### 1.4 电性特征

研究区既有常规油层,又有电阻率相对较低的油层,它们在测井响应特征方面有很大的不同(表 1)。该区常规油层电阻率大于 21Ω·m,主要介于 25~60Ω·m 之间;研究区低阻油层除有一般电性特征外,还有其独特的表征。该区低阻油层或油层电阻率范围主要介于 2~21Ω·m 之间,水层的电阻率范围主要介于 3~12Ω·m 之间。自然伽马中值偏高或

注:本文为陕西省自然科学基金项目(编号 2010JM5003)资助的成果。

收稿日期:2015-02-03;改回日期:2015-03-01;责任编辑:周健。

作者简介:谢青,女,1987年生。博士,矿产普查与勘探。Email: xieqingsunny@163.com。

较高, 主要介于 80~110API 之间或>90API; 微电极呈现正差异或无差异特征, 自然电位值域主要介于 50~110API 之间, 负异常幅度明显, 与纯水层幅度相近, 其可反映储层内流体的性质、矿化度的高低。深、中感应呈现负差异。一般低阻油层声波时差相对较高, 比水层大。研究区低阻油层电性表现各异, 既有高时差低电阻率油层, 又有中时差低电阻率油层及低时差低电阻率油层。微电极呈现正差异特征。研究区存在较多的高放射性砂岩, 测井曲线上主要表现为高自然伽马、高声波时差、低电阻率的特征 (图 1)。

### 1.5 排驱压力大, 束缚水含量高

一般情况下, 岩性细, 孔喉半径较小, 微孔隙

发育, 毛管排驱压力较大的油层多数为低阻油层。这是因为孔喉半径小, 微孔隙内的束缚水与孔喉内的水连通形成一良好的导电网。

研究区长 6 储层喉道比较细, 孔喉小、微孔隙发育, 储层排驱压力大, 普遍在 2Mpa 以上。通过分析认为长 6 储层喉道属细-微型, 孔喉半径较小, 连通性不好, 孔隙结构复杂。孔喉分选性相对较差, 分布无明显的主频; 微孔隙较发育, 加之孔隙内的充填物, 导致毛细管排替压力增大, 毛细管中很难被驱替的地层水就会滞留在微小的孔隙内, 容易造成储层内的排驱压力增高, 水在较细的孔喉中无法流动成为束缚水, 降低储层电阻率。

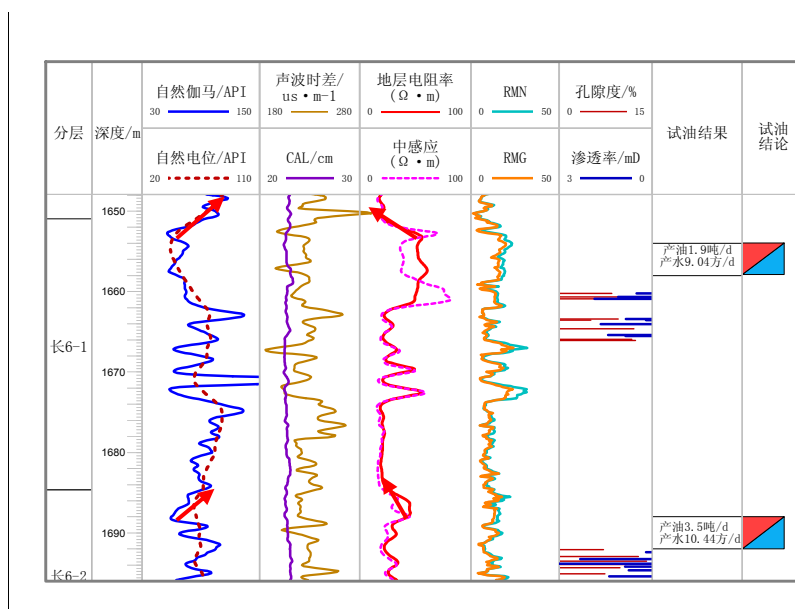


图 1 研究区 X 井长 6 储层电性特征

表 1 低电阻率油气层测井响应特征

测井参数	电阻率测井	声波时差测井	双感应测井	密度测井	微电极测井	自然电位测井
特征	低于围岩, 与水层接近	高值、比水层的大	负差异	低值	正差异	幅度大、与纯水层幅度相当

### 参 考 文 献 / References

高辉, 宋广寿, 孙卫. 2007. 储层特低渗透成因分析与评价——以安塞油田沿 25 区块为例. 地球科学进展, 22(11): 1134~1140.  
 王炜, 陈文武, 王国红. 2013. 低渗透砂岩储集层特征及影响因素——以巴喀油田西山窑组为例. 新疆石油地质, 30(3): 321~323.  
 谢青, 王建民. 2013. 鄂尔多斯盆地志丹、安塞地区长 6 低阻油层成因机

理及识别方法. 岩性油气藏, 25(3): 106~110.  
 杨春梅, 周灿灿, 程相志. 2018. 低电阻率油层成因机理分析及有利区预测. 石油勘探与开发, 35(5): 600~604.  
 杨慧, 丁丽可, 莫建武. 2010. 城壕油田西 259 井区长 3 特低渗透储层特征及综合评价. 石油钻探技术, 38(4): 112~117.