

克拉玛依砾岩油藏原始润湿性特征 及影响因素研究*

杨龙, 吕道平, 寇根, 龙新满, 林治忠

新疆油田砾岩油藏重点实验室, 新疆克拉玛依, 834000

储层岩石润湿性是岩石矿物与油藏流体相互作用的结果, 是岩石-流体综合特性的宏观反应(崔志松, 2009)。很大程度上, 它对孔隙中流体的分布起着控制作用, 润湿性的影响从孔隙一直到整个油藏规模, 与注水动态, 驱油效率、乃至一些测井方法(电阻率测井, 核磁共振), 钻井液配方等都具有密切的关系(吴天江等, 2009)。

克拉玛依油田砾岩油藏已进入水驱高含水阶段, 复合驱、聚合物驱在该区已取得的较好的成效(聚合物驱提高采收率达 13%)。但针对克拉玛依砾岩油藏储层润湿性特征分布及其影响因素还存在一定争论, 本文通过详细研究储层润湿性特征分布及其影响因素, 为后续油田开发措施选择, 剩余油分布研究等方面提供相应的实验和理论支持。

1 克拉玛依油田砾岩油藏原始润湿性特征

基于克拉玛依油田近 60 年勘探、开发、分析化验等大量数据分析, 克拉玛依油田砾岩油藏各层组原始润湿性特征主要表现为亲水和中性润湿性特征, 少量表现为亲油润湿性特征(

图 1)。纵向上亲油储层主要分布在克拉玛依组、齐古组和八道湾组油藏, 其中克拉玛依组油藏亲油最多; 平面上亲油储层主要分布在六区、七区和九区的克-乌断裂带、克百断裂带附近(错误!未找到引用源。)

位于克-乌断裂带附近的六中区 6115 井, 测定润湿性样品 12 块(克下组), 测量结果显示 1 块亲油, 8 块弱亲油, 2 块中性。七中区 7219 井测定润湿性样品 24 块(克下组 S₆、S₇), 测定结果显示大部分为亲油到强亲油润湿性特征。同时这两口井克

下组油藏已遭受不同程度的水洗, 取出的岩样依然亲油, 可以推断其原始润湿性的亲油程度将更高。

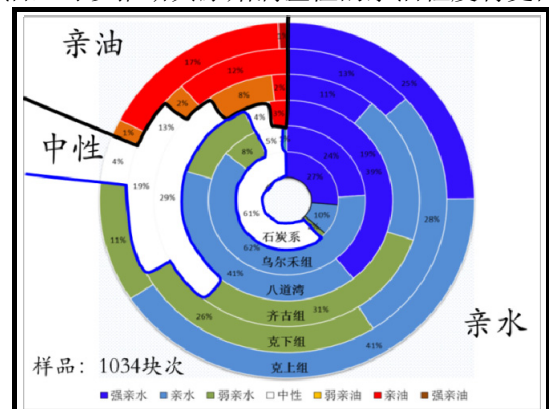


图 1 克拉玛依油田砾岩油藏各层组润湿性特征

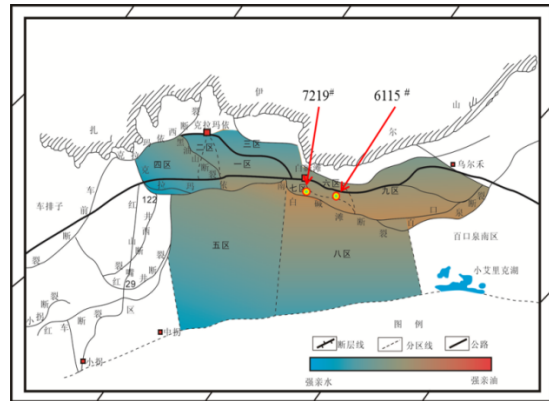


图 2 克拉玛依油田克拉玛依组润湿性分布

2 砾岩油藏润湿性影响因素分析

目前比较一致的认为影响岩石润湿性的因素包括岩石矿物类型、粘土成分、流体组分、水膜厚度等因素(李俊刚, 2006)。

2.1 岩石矿物对润湿性的影响

由于储集层岩石都是在水的环境中沉积成岩,

收稿日期: 2015-02-03; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 周健。
作者简介: 杨龙, 硕士, 工程师。 Email: dragony318@163.com。

岩石矿物成分主要以硅酸盐矿物为主,在表面洁净的情况下,岩石一般是亲水的;但亲水程度不同,按亲水次序强弱依次是:石英、石灰岩、白云岩、长石(许雅等,2009)。

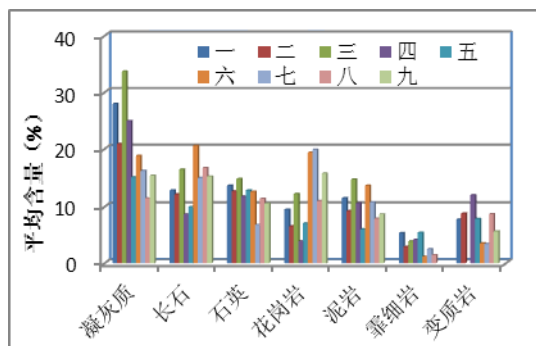


图 3 克拉玛依油田克拉玛依组岩石矿物分布

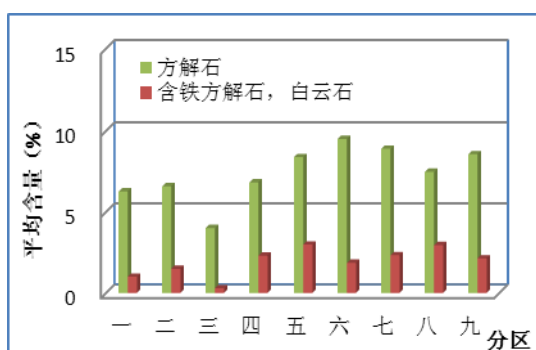


图 4 克拉玛依油田克拉玛依组胶结物分布

从图 3、图 4 可见,克拉玛依砾岩油藏各类岩石矿物和胶结物含量分布变化较小,唯一区别是由于沉积微相的影响,靠近山前的一、二、三、四区凝灰质含量相对较多,断裂附近的六、七区长石、花岗岩含量相对较多,但他们均属于亲水矿物,影响较小。而含铁方解石一方面各区分布较为均匀,另一方面绝对含量较低(2%左右)。因此可以认为:一定程度上,克拉玛依砾岩油藏岩石矿物对储层岩石润湿性的影响较小。

2.2 粘土成分对润湿性的影响

粘土矿物对岩石的润湿性有较大的影响,大部分粘土矿物亲水性较强(特别是蒙脱石),泥质胶结物的存在也会增加岩石的亲水性。同时也有少部分粘土矿物由于含有铁,如鲕状绿泥石粘土

($\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$),铁具有从原油中吸附表面活性物质的能力,当其覆盖在岩石颗粒表面时,可以局部改变岩石表面为亲油特征(李成,2007)。

图 5 可见,克拉玛依油田克拉玛依组油藏粘土

以高岭石为主,其次为伊/蒙混层,绿泥石含量相对较少。同时各区粘土矿物含量变化较小,在相同的影响水平下,粘土矿物对储层润湿性的影响不是其变化的本质因素。

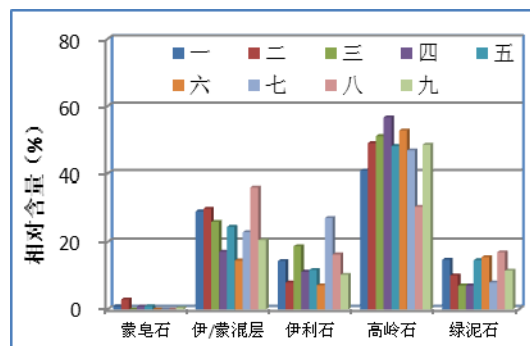


图 5 克拉玛依油田克拉玛依组岩石粘土矿物分布

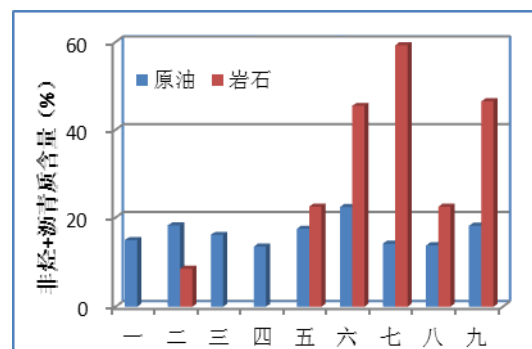


图 6 克拉玛依油田“非烃+沥青质”含量分布

2.3 油藏流体对润湿性的影响

(1) 克拉玛依油田砾岩油藏油气成藏事件: 克拉玛依油田砾岩油藏油源来自于其下的风城组烃源岩,油气运移以断裂垂向运移和不整合侧向运移为主,成藏于三叠纪中期。由于断裂的间歇性活动,特别是后期(J_2 以后)的再活动,造成早期形成的油气田的调整与再分配,部分聚集在侏罗系-白垩系中,部分逸散地表遭受氧化降解,或可形成稠油沥青封堵,如黑油山-乌尔禾一带的沥青。

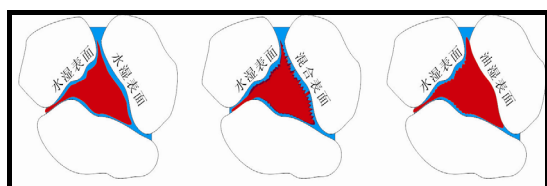
(2) 克拉玛依油田砾岩油藏油气性质: 李素梅、鄢捷年、姚凤英、Buckley 等学者指出(李素梅等,1998; 韩学辉等,2005; 吴诗平等,2004; 王业飞等,2012; 蒋明焯,1995),油层岩石表面润湿性关键是取决于原油组成中的“非烃+沥青质”的含量,当其含量达到足以定向吸附改变矿物表面润湿性时,则其含油孔道的岩石表面是亲油的,其差别多数是由于“非烃+沥青质”含量多少导致亲油程度有别而已,否则油层含油孔道岩石表面将保持其亲水的特征。

克拉玛依砾岩油藏原油具有密度大、环烷烃含量低,非烃、沥青质含量高的特点(图6)。原油“非烃+沥青质”含量分布在13.7%~22.4%之间,平均值为16.5%,各区变化较小。而岩石“非烃+沥青质”含量差别较大,分布在8.7%~59.3%之间,平均值为34.1%,其中六、七、九区岩石“非烃+沥青质”含量最高,说明在该区储层岩石中“非烃+沥青质”发生了较多的沉淀。

根据石油胶体模型,构成胶核沥青质分子量最大、极性最强,非烃作为稳定剂吸附在沥青质表面或部分吸收在沥青质中烷烃、芳香烃作为分散介质。作为稳定剂的非烃化学稳定性很差,对热很不稳定,受热尤其是有氧存在时很容易缩合变成沥青质,还容易进行一系列的亲电反应(磺化、硝化、卤化等)(王勇等,2012)。根据研究区润湿性分布规律,位于克-乌断裂带、克-百断裂带附近的六区、七区和九区具有亲油的润湿性特征。分析认为,由于构造的剧烈活动,断层多次的开启、闭合,原油中非烃稳定性被打破,从而导致沥青质发生沉淀,从而改变储层润湿性特征。

(3)水膜稳定性对润湿性的影响:非烃、沥青质沉淀后是否就一定能够改变储层的润湿性,一定程度上还取决于水膜的稳定性。在油气进入储层之前,储层岩石被水饱和;在成藏过程中,随着油气进入岩石孔隙,油气逐渐驱替出孔隙中的水,但油驱水过程不会将孔隙中的水完全驱出,在岩石颗粒表面会形成一层稳定的束缚水膜(图7a)。

按照固液界面的双电层理论,岩石颗粒表面的水膜厚度是不依外力而改变(如加热、离心力等)(贺承祖,1996)。束缚水膜的存在将影响非烃、沥青质在岩石表面的吸附,水膜越厚,非烃、沥青质在岩石表面的吸附越困难,颗粒表面对非烃、沥青质的吸附量越小,岩石的亲水性越强。然而由于原油中的有些表面活性物质(如含氧、氮或硫的极性化合物)刺穿水膜而吸附于岩石表面,打破水膜的稳定性,部分改变储层润湿性(图7b);水膜不稳定而破裂是润湿性改变的第一步,经过长期的地质过程,从而改变储层润湿性(图7c)。



a) 油驱水过程 b) 极性物质刺穿水膜, 改变局部润湿性 c) 混合润湿

图7 水膜稳定性破坏后润湿性变化过程

3 结论

(1) 克拉玛依油田砾岩油藏各层组原始润湿性特征主要表现为亲水和中性润湿性特征,少量表现为亲油润湿性特征。纵向上亲油储层主要分布在克拉玛依组、齐古组和八道湾组油藏,其中克拉玛依组油藏亲油最多;平面上亲油储层主要分布在六区、七区和九区的克-乌断裂带、克百断裂带附近。

(2) 储层岩石矿物、粘土矿物对润湿性的影响较小,而流体性质对储层润湿性影响较大,其中主要非烃、沥青质的影响较大。

(3) 克拉玛依油田亲油储层润湿性变化机理是:由于断层的剧烈运动,导致非烃稳定性降低,从而导致极性最强的沥青质沉淀,非烃沥青质中少部分溶于水的物质刺穿水膜,打破水膜稳定性,经过长期地质过程,改变储层润湿性。

参 考 文 献 / References

- 崔志松. 2009. 低渗透油层润湿性对采收率的影响研究. 大庆: 大庆石油学院.
- 韩学辉, 戴诗华, 王雪亮, 等. 2005. 油藏润湿性评价方法研究. 勘探地球物理进展, 28(1):
- 贺承祖. 1996. 水锁效应研究. 钻井液与完井液, 13(6): 13~15.
- 蒋明焯. 1995. 油藏岩石润湿性对采收率的影响. 油气采收率技术, 2(3): 25~31+82.
- 李成. 2007. 岩石混合润湿条件下提高采收率机理研究. 大庆: 大庆石油学院.
- 李俊刚. 2006. 改变岩石润湿性提高原油采收率机理研究. 大庆: 大庆石油学院.
- 李素梅, 张爱云, 王铁冠. 1998. 原油极性组分的吸附与储层润湿性及研究意义. 地质科技情报, 17(4): 66~71.
- 王业飞, 徐怀民, 齐自远, 等. 2012. 原油组分对石英表面润湿性的影响与表征方法. 中国石油大学学报(自然科学版), 36(5): 155~159.
- 王勇, 刘建波, 王文权, 等. 2012. 利用水膜厚度确定低渗透砂岩储层孔隙度下限. 石油化工应用, 31(6): 13~16.
- 吴诗平, 鄢捷年, 赵凤兰. 2004. 原油沥青质吸附与沉积对储层岩石润湿性和渗透率的影响. 石油大学学报(自然科学版), 28(1): 36~40+139.
- 吴天江, 李华斌, 刘建东. 2009. 低渗透率岩石润湿性对驱油效率的影响. 油气地质与采收率, 16(5): 66~68+75+115.
- 许雅, 谭文才, 王涛. 2009. 砂岩储层润湿性研究进展. 国外测井技术, 173(5): 8~11+3.