

文章编号: 1673-9469(2012)01-0077-04

黄骅坳陷上古生界储层粘土矿物研究

张晨¹, 苗建宇¹, 宋红霞¹, 王静茹²

(1. 西北大学 大陆动力学国家重点实验室 陕西 西安 710069;

2. 西安石油大学 油气资源学院 陕西 西安 710065)

摘要: 通过对黄骅坳陷上古生界储层78个样品的X衍射分析、扫描电镜和铸体薄片观察指明其储层中粘土矿物以伊利石、伊/蒙间层为主,含少量自生高岭石及绿泥石,产状以薄膜式、搭桥式为主。随深度增加伊利石含量上升、伊/蒙间层比增大,致使储层孔、渗减小。与压汞测试结果进行对比后确定粘土矿物与压汞曲线间存在三种典型对照关系。同时,粘土矿物组合暗示本区为干旱盐湖的古环境。全区成岩环境均为碱性,仅在油藏附近表现为碱-酸-碱的变化过程。

关键词: 黄骅坳陷; 上古生界; 粘土矿物

中图分类号: P57

文献标识码: A

Study on clay minerals in Paleozoic reservoirs in the Huanghua Depression

ZHANG Chen¹, MIAO Jian-yu¹, SONG Hong-xia¹, WANG Jing-ru²

(1. State Key Laboratory of Continental Dynamics, Department of Geology, Northwest University, Shanxi Xi'an 710069, China; 2. School of Petroleum Resource, Xi'an Shi You University, Shanxi Xi'an 710065, China)

Abstract: X-ray diffraction, scanning electron microscopy and casting thin observation of 78 samples from Paleozoic reservoirs in the Huanghua Depression indicate that the main clay mineral are mainly as follow illite, illite-smectite and there are a few authigenic kaolinite and chlorite and the clay mineral appear as film-like style and bridge type. Illite content and I/S increase with depth increasing, which lead to the decrease of permeability of reservoir pore. Three typical of the relationship between the mercury curves and clay minerals were obtained by taking pressured-mercury testing. The clay mineral assemblages imply that this area's ancient environment was dry-salt lake; the regional diagenetic environment were alkaline; the environment being close to oil reservoir showed individually alkali-acid-alkali process.

Key words: Huanghua depression; Upper Paleozoic; clay minerals

黄骅坳陷位于渤海湾盆地中部,东西向被沧县隆起和埕宁隆起夹持,北连燕山褶皱带。其上古生界是一套海陆交互相-陆相的含煤岩系沉积,具有北薄南厚的特征^[1]。本区目的层的岩石类型主要为岩屑砂岩、长石岩屑砂岩及岩屑长石砂岩。东部样品主要落在砂岩分类三角图上的V区内,西部、南部样品则分别落在VI区、VII区内(图1)。具有低-中等成分成熟度、胶结物含量低以及结构成熟度中等的特点,表现为储层分选性差

-中等,磨圆度以次棱角状为主,胶结方式多为孔隙式胶结,颗粒之间点线状接触。自生矿物以水云母、高岭石为主,其次为方解石和石英。粘土矿物广泛分布在本区上古生界储层内,为伊利石、伊/蒙间层、高岭石及绿泥石。

粘土矿物的形成、保存、转变、消失是古气候、水介质、成岩作用、母质、沉积相带、构造运动等多种地质因素综合作用的结果^[2-5]。它可以揭示古气候、古环境,反映沉积成岩以及油气成藏过程,

表面。

2 粘土矿物形成机理

部分伊利石是由蒙脱石成岩转化形成,扫描电镜下在卷片状伊/蒙间层矿物的表面见发丝状的伊利石。富钾的碱性条件下,随着温度、压力增加,水介质中的 Al^{3+} 、 K^{+} ,置换蒙脱石中的 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 转化为伊利石。

绿泥石的形成需要同沉积的富铁沉积物,因而本区富岩屑物源的地层,尤其是富中基性岩浆岩屑及暗色镁矿物的物源地层就为绿泥石提供了较多的物质来源。此外,先驱粘土矿物(机械渗滤的蒙皂石、自生蒙皂石等富铁粘土矿物)也可以形成自生绿泥石,这种绿泥石均是以薄膜状的形式存在^[2]。

本区目的层的成岩自生高岭石主要是成岩期从孔隙溶液中直接沉淀形成的高岭石,其晶形发育较好,单晶呈假六方片状,集合体呈书页或蠕虫状。

3 粘土矿物研究成果

3.1 粘土矿物与孔隙度、渗透率间的关系

粘土矿物的产状往往与储层物间有密切关系。扫描电镜观察发现本区样品中,伊利石呈搭桥式和衬垫式分布,绿泥石、蒙皂石为衬垫式,自生高岭石多为充填式和衬垫式分布。在孔隙度相同的情况下,搭桥式对渗透率影响最大,它的存在使得液体不易在孔隙间流动并切割原生孔隙。薄膜式则包裹骨架颗粒,填充粒间孔隙和吼道,减小孔隙度,它对孔、渗的影响不及搭桥式。充填式容易堵塞吼道,同时也占据孔隙空间,对孔、渗也有一定影响。但另一方面,粘土矿物的存在又阻碍机械压实作用的进一步加剧,若后期经历溶解作用后反而可以为次生孔隙的形成提供空间。尤其是自生高岭石的形成与孔隙发育过程相伴,它一般与孔、渗成正相关。祝新政等(2011)指出,黄骅坳陷储层中,高岭石溶蚀形成的粒间孔隙连通性较好,且孔隙度及渗透率与自生高岭石体积分数呈正相关性,随着自生高岭石体积分数的增加,对孔隙度的改善更为明显。

3.2 粘土矿物与压汞曲线间的关系

对78个全坳陷采集样品的压汞和X衍射结

果进行对比分析可以发现,黄骅坳陷上古生界存在三种典型储层,它们的压汞曲线与所对应的粘土矿物特征都与其他类型截然不同(图5)。

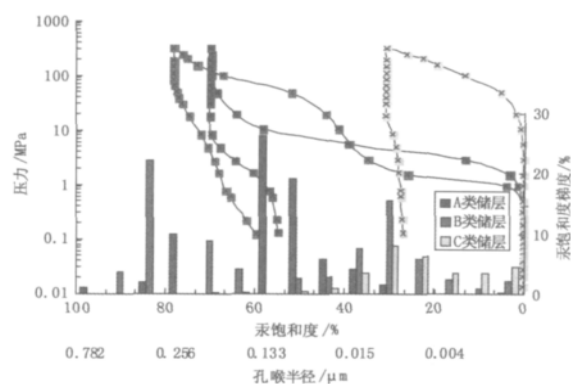


图5 黄骅坳陷上古生界储层三种压汞曲线类型对比图

Fig.5 Paleozoic reservoirs in the Huanghua Depression, three kinds of mercury type comparison chart

A类储层: 该储层具有完整的进、退汞曲线,并且进汞曲线具有一个长平台,但是退汞曲线转折迅速,反映了该类储层具有孔隙结构较好、小孔喉较多、孔隙分选性中等的特点。孔喉半径直方图表现为“单峰式”,峰值出现在 $0.133 \mu\text{m}$ 。按照鲁洪江(1997)对储层的划分方法,这类储层属于采收率产能中等的储类型层。这类储层中粘土矿物总量少,往往只有伊利石和伊/蒙间层矿物存在,且伊/蒙间层比 <10 。

B类储层: 这类储层的进汞曲线具有两个平台,退汞曲线近于一条斜率很大的直线,最大进汞量达80%,说明该储层孔隙大小主要分布在 $0.005 - 0.015 \mu\text{m}$ 、 $0.488 \mu\text{m}$ 且孔喉比高。孔喉半径直方图也具有“双峰式”特点。这类压汞曲线对应于粘土矿物总量较高、伊利石相对含量高、伊/蒙间层比大的储层。正是因为伊利石阻碍汞在孔隙中流动,当压力达到可以破坏搭桥式伊利石时,汞可以进入更小的孔隙空间内。

C类储层: 这类储层的压汞曲线很不完整,进汞曲线没有平台,退汞曲线近似平行于Y轴,最大进汞量仅为30%。此类储层孔隙小、孔喉比高,孔喉半径主要分布在 $0.004 - 0.015 \mu\text{m}$ 之间,属于产能和采收率均低的极差储层。相对应的,其含粘土矿物含量高、种类多、伊/蒙间层比中等。粘土矿物充填孔隙空间使得原生孔隙减小甚至消失。

总之,粘土矿物总量多、种类多、伊利石含量

高、伊/蒙间层比大的储层其压汞曲线形态越不完整。粘土矿物的存在占据了原生孔隙和吼道使得流体流动变得困难。通过对压汞和 X 衍射数据的分析还发现,随着埋深增加,温度压力增大,粘土矿物总量和伊利石含量也相应增大,压汞曲线也从 B 类逐渐转变为 C 类,储层物性变差。

3.3 粘土矿物与古环境间的关系

在整个地史时期,古气候不断地冷暖交替变化致使粘土矿物组合特征随之发生相应的变化。在本区目的层中,粘土矿物组合以伊利石、伊利石 + 伊 - 蒙有序间层 + 绿泥石、伊利石 + 绿泥石组合,代表了干旱富 K^+ 的盐湖环境。

3.4 粘土矿物与成岩环境间的关系

黄骅拗陷内伊利石普遍存在并且伴随大量钾长石溶蚀现象,说明本区出现过大量钾长石发生溶蚀的成岩环境。钾长石在 $100\text{ }^{\circ}\text{C} - 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下的碱性溶液中最易溶蚀,这也就说明本区目的层普遍经历了碱性地下水成岩环境。并随埋深增加,蒙脱石逐渐转变为伊利石的过程中仍旧需要富 K^+ 的碱性环境,因此现今地下的成岩环境依旧是碱性水条件。

在黄骅拗陷有油藏形成的部分,则出现了高岭石与伊利石共存的现象。而与伊利石的形成环境相反,高岭石的形成需要开放的酸性环境,这应该是油藏形成过程中带来的有机酸使得地下水条件发生改变,逐渐将碱性环境改变为酸性环境,高岭石便逐渐从酸性溶液中沉淀出来。

4 结论

1) 黄骅拗陷上古生界储层的粘土矿物以伊利石、伊蒙/间层为主,少数样品可见绿泥石和自生高岭石发育。伊利石含量、伊蒙/间层比随埋深增

加而增大。搭桥式伊利石使渗透率下降,衬垫式伊蒙/间层和绿泥石影响稍弱。充填式自生高岭石一般与孔、渗成正相关。

2) 粘土矿物特征结合压汞曲线可将本区目的层分为 A、B、C 三类储层。随埋深和粘土矿物总量增加、伊利石发育, A 类采收率产能中等型储层会逐渐向 B 类“双平台式”储层演变,最终成为 C 类极差储层。

3) 粘土矿物组合暗示本区为干旱盐湖的古环境。成岩环境全区均为碱性,仅在油藏附近表现为碱 - 酸 - 碱的变化过程。

参考文献:

- [1] 张英利,赵长毅,孟元林,等.黄骅拗陷上古生界油气成藏史数值模拟[J].石油学报,2006,27(1):24-29.
- [2] 赵杏媛,罗俊成,杨帆.粘土矿物研究成果在塔里木盆地油气勘探中的应用[J].新疆石油地质,2005,26(5):570-576.
- [3] 王少依,王行信,韩守华.影响我国陆相碎屑岩储集层粘土矿物组合和分布的因素[J].石油勘探与开发,2002,29(6):19-21.
- [4] 张惠良,张荣虎,王月华,等.粘土膜对砂岩储集性能的影响 - 以塔里木盆地群 6 片区泥盆系东河塘组下段为例[J].石油实验地质,2006,28(5):493-498.
- [5] 刘昊年,黄思静,邓丽丽,等.碎屑岩自生粘土矿物的沉淀作用及其对储层的影响 - 以川西拗陷上三叠统须家河组砂岩为例[J].华南地质与矿产,2008(4):1-7.
- [6] 伏万军.粘土矿物成因及对砂岩储集性能的影响[J].古地理学报,2000,2(3):59-67.
- [7] 谢渊,王剑,李令喜,等.鄂尔多斯盆地白垩系粘土矿物的分布特征及其沉积 - 成岩环境意义[J].地质通报,2010,29(1):93-104.
- [8] 宋丽红,朱如凯,朱德升,等.粘土矿物对广安须家河组致密砂岩物性影响[J].西南石油大学学报,2011,33(2):73-78.

(责任编辑 刘存英)