文章编号: 1009-3850(2001)04-0066-04

吐哈盆地侏罗系砂岩储层中粘土矿物组成和分布的控制因素

张小青, 黄天雪, 刘 军, 杨传宏

(吐哈油田分公司研究院, 新疆 哈密 839009)

摘要: 在大量分析数据基础上, 总结了吐哈盆地侏罗系砂岩储层中粘土矿物组成及其在纵横向上的分布特征, 重点对吐哈盆地侏罗系砂岩储层中粘土矿物组成和分布的主控因素进行了分析, 笔者认为吐哈盆地成岩过程中砂岩孔隙介质条件、不同沉积环境砂体渗滤条件的差异、盆地的大地构造背景和构造发育史以及盆地演化过程中的古气候变化等是影响盆地砂岩粘土矿物组成和分布的主控因素。由此可以为寻找有利储层和设计酸化采油方案提供重要的依据。

关 键 词: 吐哈盆地; 粘土矿物; 控制因素

中图分类号: P619.23 文献标识码: A

Controls on the composition and distribution of the clay minerals from the Jurassic sandstone reservoirs in the Turpan-Hami Basin, Xinjiang

ZHANG Xiao-qing, HUANG Tian-xue, LIU Jun, YANG Chuan-hong

(Research Institute, Turpan-Hami Oil Field Branch, Hami 839009, Xinjiang, China)

Abstract: The present paper deals with the controls on the composition and distribution of the clay minerals from the Jurassic sandstone reservoirs in the Turpan-Hami Basin, Xinjiang The controlling factors include medium conditions for sandstone porosity during diagenesis, infiltration of sandstone bodies formed in distinct sedimentary environments, tectonic settings, and palaeoclimates in the basins. The results in this study may be the important basis for the exploration of better sandstone reservoirs

收稿日期: 2001-10-30

and establishment of the design schemes for acidulating oil extraction.

Key words: Turpan-Hami Basin; clay mineral; controls

吐哈盆地是国内典型的陆相含煤盆地, 盆地中侏罗统砂岩储层中的粘土矿物主要有蒙皂石、伊利石、蒙皂石/伊利石、伊利石/蒙皂石、高岭石和绿泥石, 绿泥石/蒙皂石偶见。砂岩中粘土矿物的分布较为复杂, 在纵向上主要表现为上侏罗统—第三系砂岩的粘土矿物以富含蒙皂石/伊利石, 贫高岭石为特征; 中下侏罗统砂岩以富含自生高岭石为特征, 另外砂岩中绿泥石和伊利石含量较上覆地层明显增加, 蒙皂石/伊利石(或伊利石/蒙皂石)含量明显减少和间层比明显降低。在横向上主要表现为河流相砂体和扇三角洲分流河道砂体以富含自生高岭石为特征, 而在湖相、湖湾相、扇三角洲前缘等相带, 以绿泥石和伊利石的相对含量较河流相和扇三角洲分流河道相的砂体有所增加为特征。研究不同相带储层中粘土矿物的种类和含量, 为寻找有利储层和为设计酸化采油方案提供依据。经的研究工作表明, 影响上述砂岩粘土矿物组成及其纵横向分布的控制因素主要有以下三方面:

1　砂岩储层中的孔隙介质条件

砂岩的自生粘土矿物于成岩过程中形成, 与该过程水岩反应特征和介质条件的变化关系密切。不同的粘土矿物形成于不同的介质条件(表 1), 只有在特定的介质条件下, 才能在孔隙中形成相应的粘土矿物。成岩过程中砂岩储层孔隙介质特征的变化主要受外来流体侵入和储层内水岩反应平衡的影响。不同沉积环境砂体渗滤条件的差异是影响外来流体侵入和水岩反应平衡, 最终影响砂岩孔隙介质性质和粘土矿物组成变化的重要因素[1]。

表 1　粘土矿物形成所需的介质条件

Table 1　The pore medium conditions needed for the formation of clay minerals

粘土矿物	pH 值	主要化学组成
高岭石	5～7	Al
伊利石	7～8	K
绿泥石	7～9	Fe、Mg
蒙皂石	6～8	Na、Ca

成岩过程中进入砂体的外来流体包括从盆地边部渗入的地表水和来自相邻泥岩的压实水流。两者不但化学组成不同, 分布范围也不同。地表水主要沿出露地表砂层的不整合面或断裂带渗入, 它一般只影响靠近盆地边缘的冲积扇和水下河道砂体的孔隙介质组成, 其影响范围和深度与盆地外围山脉的高度有一定关系[2]。吐哈盆地来自北侧博格达山的地表水侵入的影响可能要大于南侧。泥岩压实水流主要发育在生油凹陷中心, 由凹陷中心通过砂层向边部流动。它对砂岩孔隙介质的影响不仅与泥岩的发育程度, 还与泥岩的成岩演化阶段和泥岩中有机质的含量有密切的关系。吐哈盆地从上侏罗统—第三系的泥岩以灰绿色和棕红色泥岩为主, 有机质贫乏, 而且目前埋藏浅, 温度低, 处于早成岩阶段, 泥岩中粘土矿物成岩变化处于蒙皂石/伊利石的缓慢脱水稳定压实阶段, 泥岩中有机质不仅含量低, 而且也未进入脱水羧基高峰, 因此不仅从泥岩中进入砂岩的压实水流甚少, 其中有机酸的量就更少。因此在这些地层中, 在盆地边部局部地区受地表侵入水的影响有利于高岭石的发育, 但

盆地内部由于压实水流影响甚微, 砂岩的粘土矿物以富含蒙皂石/伊利石, 贫高岭石为特征。

盆地内的中下侏罗统不仅富含煤层, 而且泥岩也富含有机质, 不仅煤系地层酸性的孔隙水在进入砂层有利于自生高岭石的发育, 更重要的是由于埋藏深度和温度的增加, 这些地层目前多数已进入晚成岩阶段 A 期, 煤层的烃源岩的有机质已进入(或已经历了) 生成有机酸的高峰期, 泥岩中粘土矿物也已进入(或已经历了) 蒙皂石向伊利石转化的快速脱水和泥岩压实阶段。在泥岩粘土矿物快速脱水和压实过程中, 有大量的泥岩压实水流进入砂层。这些进入砂层的压实水流不仅含有 Na^{+}、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{3+}、Si^{4+} 等金属和非金属离子, 同时也富含有机酸、CO_2 和烃类物质, 这些物质进入砂岩储层以后打破了砂岩原有的水-岩平衡产生一系列新的水-岩反应, 使一些不稳定的固相组分发生溶解, 其中最重要的是砂岩骨架组分长石和酸性岩块在酸性介质下溶 解产生次生孔隙, 形成自生高岭石沉淀, 其反应式如下:

$$2NaAlSi_3O_8+2H^{+}+H_2O=Al_2Si_2O_5(OH)_4+4SiO_2+2Na^{+} \quad \cdots\cdots\cdots (1)$$

$$2KAlSi_3O_8+2H^{+}\ H_2O=Al_2Si_2O_5(OH)_4+4SiO_2+2K^{+} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

由于吐哈盆地中下侏罗统煤系地层十分发育, 进入砂层的有机酸十分丰富, 这是中下侏罗统次生孔隙和自生高岭石十分发育的原因。

另外, 伴随着砂岩中含 Fe^{3+}、Mg^{2+} 的不稳定组分的溶解和由泥岩压实水流带入砂层的 Fe^{3+}、Mg^{2+} 离子为自生绿泥石的形成提供了有利的条件, 而钾长石高岭石化过程中析出的 K^{+} 为蒙皂石向伊利石的转化创造了有利条件。因此, 在上述反应过程中伴随着大量自生高岭石形成的同时, 也往往伴随着自生绿泥石的形成和促进蒙皂石的伊利石化, 导致砂岩中绿泥石和伊利石含量的增加、蒙皂石/伊利石(或伊利石/蒙皂石) 含量的减少和间层比的降低, 使中下侏罗统砂岩粘土矿物与上部地层的砂岩的粘土矿物有明显的差别。

2 不同沉积环境砂体渗滤条件的差异

砂岩中每种自生粘土矿物的形成都必需有相应的介质条件和物质组分, 这是砂岩孔隙中形成自生粘土矿物的必要条件。但是, 由于自生粘土矿物的形成过程是一个水-岩反应过程, 反应在形成粘土矿物沉淀的同时, 也不断有新的组分进入孔隙介质中去, 改变孔隙介质的组成和性质, 如反应式(1), (2) 所示, 在长石溶解形成自生高岭石的同时, 也有 Na^{2+}、K^{+}、Si^{4+} 以及长石中的 Mg^{2+}、Fe^{2+} 化学组分进入孔隙介质中去, 如果这些组分不能及时被别的化学反应吸收或随流体迁移排出孔隙, 又没有新的有机酸及时补充, 这样的反应过程中产生的这些组分就会改变孔隙介质的性质和组成, 这时长石溶解形成自生高岭石的反应就会终止, 而代之以形成自生伊利石(富 K^{+}) 或自生绿泥石(富 Fe^{2+}、Mg^{2+}) 的反应。因此, 在成岩过程中, 砂岩孔隙介质始终处于一种不断变化之中, 一种自生粘土矿物在砂岩孔隙中形成和富集, 不但要有形成这种粘土矿物组分的不断供给, 而且还必需保持形成这种粘土矿物所需的孔隙介质条件。就形成自生高岭石而言, 砂岩孔隙中要造成大量自生高岭石的富集, 除了必需要有 K^{+}、Na^{+}、Al^{3+} 和 H^{+} 的来源外, 还必需要求砂体有较好的渗滤性能, 使反应中产生的 K^{+}、Na^{+} 等元素能及时迁移或吸收, 至少要保持迁移速度和反应速度的平衡。由于上述原因, 砂岩储层中的粘土矿物分布与沉积相带有一定的关系: 形成于较强水动力条件, 碎屑颗粒分选较好的厚层河流相砂体和三角洲分流河道砂体一般渗滤性能较为有利于自生高岭石的发育。盆地以往的研究也表明砂岩渗透性的好坏与高岭石的含量有明显的关系。河流相砂体、扇三角洲分流河道砂体物性好, 既有利于保留原生孔隙, 也有利于次生孔隙发育

和自生高岭石的富集。而在湖相、湖湾相、扇三角洲前缘等其它相带,绿泥石和伊利石的相对含量较河流相和扇三角洲分流河道相的砂体有所增加。

不同沉积环境砂体渗滤条件变化对砂岩粘土矿物组成变化的影响,是影响砂岩粘土矿物组成横向变化的重要原因。同样,沉积相带的纵向变化也是影响砂岩粘土矿物纵向变化的一个原因。

3　盆地的大地构造背景和构造发育史

吐哈盆地是一个在海西期火山弧的基础上发展起来的山间盆地,富含火山碎屑和凝灰质是砂岩沉积物源的共同特征。这些物质在沉积和成岩过程的水解形成蒙皂石,是造成成岩早期的砂岩富含蒙皂石或蒙皂石/伊利石的根本原因。山间盆地的低地温梯度是导致蒙皂石成岩转化速度慢、蒙皂石/伊利石一直保持到较大埋深的原因。

在吐哈盆地构造发育过程中,不同时期的构造运动特征,决定了盆地内沉积格局和沉积相带的横向分布特征,影响沉积砂体和砂体渗滤性质的横向分布。因此,盆地内不同时期的构造运动的特征不仅决定了砂岩粘土矿物在盆地内的分布,而且直接影响砂岩粘土矿物组成的横向变化特征。

在吐哈盆地构造发育过程中,各个时期不同地区的构造活动的性质和强度不同,这种差异性构造活动不但导致不同地区沉积相发育的差异,砂体渗滤性质和粘土矿物组成的差异,而且还导致不同地区砂岩储层成岩埋藏史和砂岩粘土矿物纵向变化特征的不同,它是导致不同地区砂岩粘土矿物成岩演化阶段的深度界线和层位不同的主要原因。

另外,吐哈盆地构造发育过程中,由于受盆地南、北山系挤压作用的影响,推覆构造和断裂十分发育,这些断裂在一定条件下,成为沟通不同层位砂泥岩之间流体的通道,成为水-岩反应中流体迁移的通道,它也可能是下部煤系地层的酸性流体沿这些通道进入断裂带所经过的储层,扩大了酸性流体的影响范围,影响砂岩粘土矿物的纵、横向变化规律,使砂岩粘土矿物的纵、横向分布规律由于受断裂带的影响变化更复杂。

4　结论

(1) 吐哈盆地成岩过程中砂岩孔隙介质条件、不同沉积环境砂体渗滤条件的差异、盆地的大地构造背景和构造发育史以及盆地演化过程中的古气候性质变化等是影响吐哈盆地砂岩地层粘土矿物组成和分布的主要控制因素。

(2) 富高岭石的中下侏罗统具有良好的孔隙度、渗透率,是理想的储层。所在砂层正是本油田的主力油层。

(3) 富高岭石的河流相砂体、扇三角洲分流河道砂体是勘探寻找的有利相带。

(4) 由于处于不同相带储层砂岩中的粘土矿物的组分不同,就应针对不同的储层,采取不同的酸化采油方案。

参考文献:

[1]　赵杏媛,等. 粘土矿物与粘土矿物分析[M]. 北京:海洋出版社,1990.

[2]　郑浚茂,等. 碎屑储集岩的成岩作用研究[M]. 北京:地质出版社,1989.