

石南地区白垩系底部砂砾岩储层成岩作用特征及 优势储层主控因素分析

王剑¹⁾, 靳军¹⁾, 向宝力¹⁾, 杨召¹⁾, 高崇龙²⁾

1) 新疆油田公司实验检测研究院, 新疆克拉玛依, 834000; 2) 中国石油大学, 北京, 102249

石南地区白垩系清水河组底部砂砾岩储层连片发育, 但是油藏却只在石南 31、石西 12、陆 22 少数井周围分布。自 2004 年发现石南 31 井区油藏后, 寻找“石南 31 型”岩性高效油藏开始进入勘探视野, 但后续勘探接连失利, 未有重大突破。前人对该区进行的研究主要集中在层序、沉积相和成藏上, 对储层研究略显薄弱, 对成岩作用的研究更属空白。但是在沉积作用基础上, 成岩作用及其差异性是影响储层性质变化的重要因素, 不同的成岩类型和强度影响储层空间演化并决定现今储层的物性优劣。因此对该区砂砾岩储层进行成岩作用研究, 找到优势储层发育的主控因素对进一步深化勘探具有非常重要的作用。

1 地质概况

石南地区白垩系清水河 (K_1q) 下部与头屯河组 (J_2t) 区域不整合接触, 上部与呼图壁河组 (K_1h) 整合接触 (唐勇等, 2007; 洪太元等, 2007)。清水河组以灰色、灰白色、杂色砾岩、中细砂岩、泥质粉砂岩和泥岩为主, 以底部发育杂色砂砾岩和顶部高 GR 泥岩为特征, 其中底部砂砾岩储层约占 30% 左右, 最厚能达 60m。砾石成分以刚性的酸性花岗岩、霏细岩及中性安山岩为主。砾岩层常对下部砂层进行冲刷, 砾石常具定向排列。方解石胶结, 常发育溶蚀孔隙。通过对该区 40 口井的岩心观察认为, 清水河组底部砂砾岩为低位体系域辫状河道沉积 (赵霞等, 2007; 旷红伟等, 2008; 饶政等, 2008; 肖明国等, 2008; 冯动军等, 2010; 王斌等, 2012; 徐亚楠, 2012; 邹正银, 2014)。

2 主要成岩作用类型及特征

2.1 压实作用

石南地区清一段储层的压实作用主要表现为埋藏压实, 重要的标志有云母的压弯变形, 塑性岩屑挤压变形成假杂基, 颗粒弱定向排列以及颗粒凹凸接触。整体石南地区清一段储层埋深不大, 颗粒接触以点-线接触为主。粒径是影响压实作用的重要因素, 粒径越细压实越强。清水河组底部砂砾岩以点接触为主, 局部地区砾石颗粒呈漂浮状, 压实强度中等-较弱。

2.2 胶结作用

研究区胶结物类型以碳酸盐胶结为主, 其次为硅质和硬石膏胶结, 黄铁矿胶结也较常见。胶结方式以孔隙-压嵌式为主要类型。胶结物成分多样, 以方解石及铁方解石为主, 含量一般小于 3.5%。但是砂砾岩储层由于原始物性好, 成岩流体较易通过, 碳酸盐胶结普遍较强。一般呈孔隙型或基底型胶结, 颗粒以点接触为主, 主要为早期胶结。

2.3 溶蚀作用

对于砂砾岩储层, 长石含量少, 粒间胶结物较多, 溶蚀作用主要表现为对胶结物的溶蚀。胶结物常大部分被溶解, 仅在粒间局部残余, 形成剩余粒间孔。而溶蚀流体主要来源于下部烃源岩生烃产生的有机酸, 溶蚀的物质常沉淀形成高岭石。

3 成岩作用阶段划分

通过测试分析, 该区清水河组古地温范围 65~85℃, 镜质体反射率 R_o 为 0.35%~0.5%, 由于压实作用及碳酸盐类等矿物的胶结作用, 岩石由半固结向固结转化, 孔隙类型以原生粒间孔为主, 也可

收稿日期: 2015-02-02; 改回日期: 2015-02-28; 责任编辑: 费红彩。

作者简介: 王剑, 男, 1984 年生, 硕士, 工程师, 沉积储层专业。Email: wangjian_@126.com。

见少量次生溶孔。泥岩中蒙脱石明显向伊/蒙混层粘土矿物转化, 蒙脱石层占 50%~70%, 属于无序混层。砂岩中可见 I 级次生加大, 扫描电子显微镜下可见石英小雏晶, 书页状自生高岭石普遍。而此时, 砂砾岩层下部烃源岩已经达到了“生油窗”, 其成熟过程中产生的有机酸向上运移, 可以对储层进行溶蚀从而产生溶蚀孔隙。

综上所述, 认为石南地区清一段储层埋深在 2200~2900m 之间, 主要处于早成岩阶段 B 期, 局部处于中成岩 A 期。

4 成岩作用对储层物性的影响

4.1 压实作用对储层物性的影响

研究表明, 压实作用是使石南地区清水河砂岩储层物性变差的主要因素之一。原因是其泥岩岩屑、凝灰岩岩屑等塑性岩屑较多, 抗压能力弱。但对于砂砾岩储层, 花岗岩、安山岩等刚性砾石形成支撑格架, 使压实作用相对较弱, 加之河道底部砾岩中受水流冲刷, 杂基含量较少, 原始孔隙得到较多保存。

4.2 胶结作用对储层物性的影响

石南地区清水河组底部砂砾岩储层主要胶结物为碳酸盐胶结物。

碳酸盐胶结物在不同成岩阶段均有产出, 只是在晶体大小和成份上有较大差异。碳酸盐胶结物对储层孔渗性影响具有双重性: 早期成岩作用阶段形成的方解石一方面可充填残余原生孔隙和次生孔隙, 对砂岩孔隙起堵塞作用, 使粒度较粗、分选良好的砂岩成为低孔低渗砂岩; 另一方面方解石的存在有效地增强了岩石的抗压实能力, 使压实作用对岩石的影响大为减弱, 更重要的是为后期大规模的次生溶蚀作用提供了物质基础。清水河组底部砂砾岩方解石呈基底式—孔隙式胶结, 胶结作用较强。当进入烃源岩中的有机质开始生成有机酸和 CO_2 酸性流体阶段, 酸性流体作用于方解石胶结物后, 可形成次生溶孔, 为油气聚集提供储集空间(邹才能等, 2008)。

4.3 溶蚀作用对储层物性的影响

随着深部有机质成熟度的不断演化, R_o 值达到“生油窗”, 有机质处于低成熟—成熟阶段。有机质在演化过程中会产生较多的有机酸。在有机酸的作

用下, 使砂砾岩粒间方解石胶结物发生溶蚀, 成为砂砾岩发育次生孔隙的重要成因。一般反应方程式为: $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ 。

5 优势储层成因分析

石南地区清水河组底部砂砾岩储层整体表现出中等压实、强碳酸盐胶结和胶结物局部溶蚀的特征。通过研究发现砂砾岩沉积普遍胶结致密, 只在断层发育区, 溶蚀作用较强, 能够很好地改善储层。优势储层表现为受断层控制。如石西 12、石南 44 井附近有断层发育, 断层作为流体运移通道, 导致其周围溶蚀较强, 含油性也很好(图 1)。

研究区断层多为开启性正断层, 这些断层及其周围的裂缝可以作为地层流体运动的重要疏导通道。当碱性地层流体通过时, 断层及其附近的储层会沉淀大量的碳酸盐胶结物, 降低储层的物性。当酸性地层流体通过时, 断层附近的储层会发生溶蚀作用, 产生大量的次生孔隙(陈世加等, 2010; 吴孔友等, 2005)。断层活动的时期不同, 其中运移的流体性质也有所不同。早成岩阶段, 储层流体的碱性增强, 从而形成有利于方解石沉淀的条件 ($\text{pH} > 8 \sim 9$), 成为方解石的主要沉淀期。受压实和各种自生矿物的沉淀和胶结作用的影响, 原生孔减少。在早成岩期活动的断层构成良好的碱性流体运移的通道, 靠近断层附近的储层容易形成早期碳酸盐胶结带, 如清水河组底部的砂砾岩广泛发育的方解石胶结。而到了中成岩阶段 A 期, 地层流体中会有大量有机酸和 CO_2 , 此时活动的断层及其附近的断裂系统是酸性流体运移的重要疏导通道, 断层附近的储层会形成溶蚀带, 而溶蚀带出的碱性离子会在另外一些区带形成晚期碳酸盐胶结, 如与砂砾岩相邻砂岩中的铁方解石胶结。

由于底部不整合的封挡作用, 断层是底部油气向上运移的重要通道。底砾岩段断层发育区下部烃源岩成熟过程中的有机酸可沿断层进入储层, 使溶蚀作用较强, 储层物性改善。清水河组油藏发育区均有相关不同规模断层伴生, 如陆 22 井、石 301、石南 44、石西 12 井。油气可顺着断层向上运移, 然后在平面上向构造高部位呈网毯式聚集成藏。

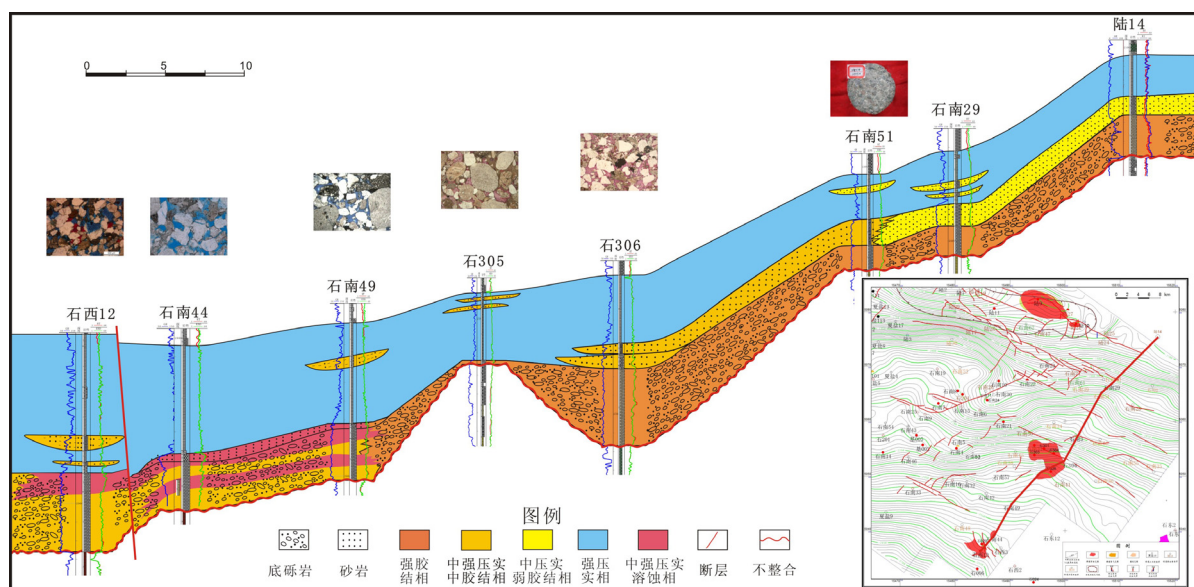


图 1 石南地区清一段过石西 12-陆 14 井成岩相剖面图

参 考 文 献 / References

- 陈世加, 展燕, 路俊刚, 陆林超, 陈雪, 王熠. 2010. 准噶尔盆地腹部石南 31 井白垩系油气成因与运移方向. 石油实验地质, 04: 382~386.
- 冯动军, 李胜利, 黄兴文. 2010. 井震约束下高分辨率层序地层划分与对比——以准噶尔盆地石南地区为例. 石油天然气学报, 05: 165~170.
- 洪太元, 蔡希源, 何治亮, 王芙蓉. 2007. 准噶尔盆地腹部白垩系底部不整合的控油作用. 新疆地质, 01: 87~91.
- 旷红伟, 高振中, 穆朋飞. 2008. 准噶尔盆地夏盐凸起石南 31 井区下白垩统清水河组一段物源分析. 古地学报, 04: 371~378.
- 饶政, 姚鹏翔, 张春光, 刘静, 安志渊, 高振中. 2008. 准噶尔盆地石南 31 井区下白垩统清水河组一段辫状河三角洲相及沉积演化. 古地学报, 01: 43~52.
- 饶政, 姚鹏翔, 张春光, 刘静, 安志渊, 高振中. 2008. 准噶尔盆地石南 31 井区下白垩统清水河组一段辫状河三角洲相及沉积演化. 古地学报, 01: 43~52.
- 唐勇, 周文泉, 赵克斌, 徐常胜, 王凌, 吴宝成, 韩永强. 2007. 准噶尔盆地石南 31 井区含油气层归属与划分. 新疆石油地质, 01: 119~121.
- 王斌, 徐文世, 丁靖. 2012. 陆相拗陷型湖盆层序地层特征及勘探有利区——以准噶尔盆地腹部陆西地区清水河组一段为例. 天然气工业, 05: 11~13.
- 吴孔友, 查明, 王绪龙, 郭志强. 2005. 准噶尔盆地莫索湾地区断层控油作用. 地质力学学报, 01: 60~66.
- 肖明国, 安志渊, 曹少芳, 揭君晓, 张晓萍, 王红军, 王新星, 周贺. 2008. 准噶尔盆地石南 31 井区下白垩统清一段湖泊辫状河三角洲沉积体系. 地层学杂志, 04: 381~388.
- 徐亚楠, 冀冬生. 2012. 准噶尔盆地石南 44 地区白垩系沉积相分析[J]. 长江大学学报(自然科学版), 08: 47~50.
- 赵霞, 于兴河, 黄兴文, 石新朴, 马丽. 2007. 准噶尔盆地石南地区清水河组一段层序地层特征. 沉积学报, 05: 716~721.
- 邹正银, 石南. 2014. 31 井区白垩系清水河组下段沉积相研究. 石油天然气学报, 10: 13~15.
- 邹才能, 陶士振, 周慧, 张响响, 何东博, 周川闽, 王岚, 王雪松, 李富恒, 朱如凯, 罗平, 袁选俊, 徐春春, 杨华. 2008. 成岩相的形成、分类与定量评价方法. 石油勘探与开发, 05: 526~540.