

合水-正宁地区盒 8 段储层成岩作用及成岩相

暴文博^{1,2} 郭艳琴^{1,2} 徐加豪³ 李博^{1,2}

1 西安石油大学地球科学与工程学院 2 西安石油大学陕西省油气成藏地质学重点实验室
3 长庆油田第一采油厂

DOI:10.12238/gmsm.v7i11.2018

[摘要] 本文在前人工作基础上,对合水-正宁地区丰富的储层岩矿、物性、电镜等测试数据进行详细分析,通过分析鄂尔多斯盆地合水-正宁地区盒8段储层成岩作用,确定了成岩相的类型,并完成了成岩相平面分布的划分。研究揭示,研究区盒8段储层的破坏性成岩作用主要包括机械压实、胶结以及火山灰填充,而建设性成岩作用则包括溶蚀和破裂。同时,该区域识别出的五种成岩相分别为:结晶度高岭石胶结—粒间孔—晶间孔相、中等结晶度高岭石胶结—溶孔晶间孔相、黏土矿物胶结晶间孔相、碳酸盐胶结致密相和泥质杂基致密相,其中,前两者物性较好,为有利成岩相。

[关键词] 成岩作用; 成岩相; 盒8段; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: P58 文献标识码: A

Diagenesis and diagenetic facies of He 8 Member in Heshui-Zhengning Area of Ordos Basin

Wenbo Bao^{1,2} Yanqin Guo^{1,2} Jiahao Xu³ Bo Li¹

1 School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University
2 Shaanxi Key Laboratory of Petroleum Accumulation Geology, Xi'an Shiyou University
3 First Oil Production Plant, Changqing Oilfield

[Abstract] Based on the previous work, this paper analyzes a large amount of reservoir petrography, physical properties, casts, electron microscopy and other test and analysis data in Heshui-Zhenning area, and identifies the type of rock-forming phases by analyzing the rock-forming role of the reservoir of He 8 Member in Heshui-Zhenning area of the Ordos Basin, and completes the division of the rock-forming phases in the planar spreading. The study shows that the main destructive diagenesis in the reservoir of He 8 Member of Heshui-Zhenning area includes mechanical compaction, cementation, volcanic ash filling, and constructive diagenesis includes dissolution and rupture; five diagenetic phases have been identified in He 8 Member of Heshui-Zhenning area: the phase of crystallinity kaolinite cementation, intergranular pore, and intergranular pore, The medium crystallinity kaolinite cementation-solution pore-crystalline pore phase, clay mineral cementation-crystalline pore phase, carbonate cementation-dense phase, and muddy heterogeneous basement-dense phase, of which, the first two have better physical properties and are favorable diagenetic phases.

[Key words] diagenesis; diagenetic facies; He 8 Member; Ordos Basin

引言

合水-正宁地区位于鄂尔多斯盆地的西南端,主要位于伊陕斜坡,同时涵盖天环坳陷、渭北隆起和西缘冲断带三个主要构造单元。前期研究以及勘探结果表明,压实作用是岩石致密化的主因,多期胶结作用使砂岩的孔喉结构变得十分复杂。岩石组分、成岩作用是造成孔隙结构差异的关键因素。本文在前人工作基础上,结合储层岩矿、物性、铸体等实验分析结果,通过分析鄂

尔多斯盆地合水-正宁地区盒8段储层成岩作用,识别出成岩相类型,完成划分成岩相平面展布,为庆阳气田合水-正宁地区致密砂岩储层油气勘探开发提供参考。

1 岩石学特征

本次研究将合水-正宁地区盒8段储层砂岩通过结合野外露头观察、岩心观察、薄片鉴定等方法进行分类,研究区域的盒8段储层主要由岩屑石英砂岩和岩屑砂岩构成。其中,石英的占比

范围在19%至75%之间,平均为58.9%;岩屑的占比范围在10.5%至42%之间,平均为21.7%;长石的占比范围在0%至19%之间,平均为1.6%。砂岩碎屑组分单一,颗粒以次棱角状-次圆为主,其粒度分布以中砂和粗砂为主导,粒径范围集中在0.5mm至2mm之间,且具有中等的分选特性。根据薄片统计,高岭石含量为0.5%~16%,平均为4.2%;水云母含量为0%~61%,平均为4.8%;绿泥石含量为0%~15.5%,平均为2.0%;凝灰质含量为0%~25%,平均为1.8%;方解石含量为0%~3%,平均为0.1%;泥铁质含量为0%~7%,平均为1.4%;铁方解石含量为0%~26%,平均为3.7%;铁白云石含量为0%~6%,平均为0.4%;菱铁矿含量为0%~5%,平均为0.4%;硅质含量为0%~6%,平均为1.5%;杂基含量为1%~26%,平均为10.3%。胶结方式以孔隙式为主导,晶体连续连接和复合型胶结方式次之。

2 成岩作用特征

本研究采用铸体薄片和扫描电镜等实验技术,对鄂尔多斯盆地合水-正宁地区盒8段储层各类成岩作用进行了定性分析。通过评估成岩作用对孔隙结构的影响,识别出的成岩作用分类为促进孔隙发育的建设性成岩作用和导致孔隙减少的破坏性成岩作用。

2.1 破坏性成岩作用

2.1.1 机械压实作用。通过铸体薄片和扫描电镜等方式研究区对盒8段储层孔隙度降低的主要原因展开研究,结果表明研究区域内的砂岩遭受了较为强烈的压实作用,进而致使碎屑颗粒之间形成紧密接触。由于韧性颗粒在受到外力作用时会出现形变,而刚性颗粒在受力情况下则会发生机械破碎,所以研究区碎屑颗粒之间的接触形式主要呈现为点接触、点-线接触以及凹凸-线接触(图1A)。

2.1.2 胶结作用。研究表明,研究区盒8段砂岩普遍存在胶结物,其中碳酸盐岩胶结物、硅质胶结物占主导,同时伴有少量黏土矿物胶结物。

(1) 碳酸盐矿物胶结:在该研究区域的砂岩内,在碳酸盐胶结的范畴内,铁方解石胶结占据主要地位(图1B),白云石与铁白云石作为次要的胶结成分存在(图1C)。方解石与铁方解石是较为普遍存在的矿物成分。它们的形成机制,主要与成岩环境状况、介质的具体属性以及所处温度条件等一系列成岩环境相关参数的作用紧密相连。在研究区域的盒8段砂岩薄片观察过程中我们注意到:其中该类型的胶结物主要是铁方解石,碳酸盐胶结物的形成对储层的储集能力产生负面影响,导致储层结构变得更加致密。

(2) 硅质胶结:由于石英出现再生加大的现象,导致储层内部分粒间孔隙变窄,进而形成了喉道结构,这种变化导致粒间孔隙的连通性有所减弱。此外,自生的石英和长石大多以微晶的形态存在,它们填充在残余的粒间孔隙之中,从而减少了储层原本可用于储存物质的空间。普遍发育于石英砂岩和岩屑石英砂岩中,加大边沿着石英颗粒生长,占据粒间孔隙,降低储层物性(图1D、E)。

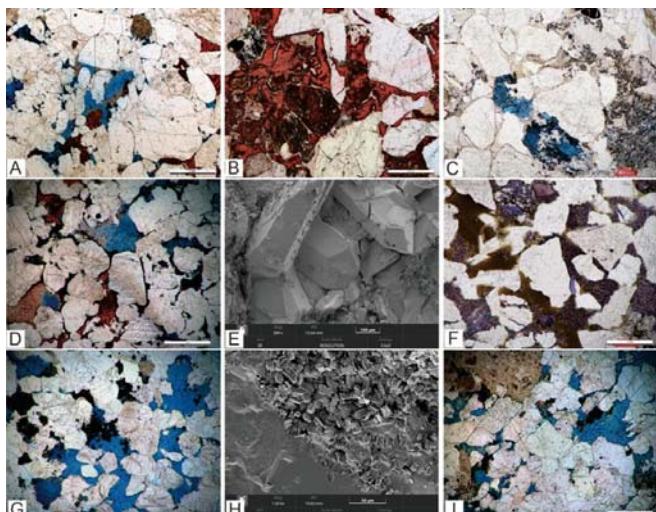
2.1.3 火山灰充填作用。研究区可见火山灰充填作用,多已发生伊利石化,在细粒、中粒、粗粒砂岩中均可发育,若不发育

溶蚀作用,则储层物性很差,形成干层或非储层(图1F)。

2.2 建设性成岩作用

2.2.1 溶蚀作用。研究区存在碳酸盐溶蚀和黏土矿物溶蚀,碳酸盐矿物发生溶解现象时,能够促使胶结物溶蚀孔的形成,这种情况会对储层的物理性质起到优化作用,使储层物性得以改善。研究区内发育大量铁方解石以及部分铁白云石。黏土矿物在研究区盒8段砂岩薄片中可观察到研究区普遍发育高岭石溶蚀孔,其自生过程占据了砂岩储层的一部分孔隙空间,在其生成的过程中,也促使大量次生孔隙得以产生。高岭石普遍发育在研究区河道中部地区,高岭石的胶结作为铝硅酸盐溶解作用的伴生反应为储层物性提供了有利条件(图1G、H)。

2.2.2 破裂作用。通过岩心观察,研究区盒8段发育构造裂缝,受构造应力活动的强烈影响,储层内部衍生出数量可观的微裂缝(图1I)。这些微裂缝在储层内部呈相互交织、彼此贯通的态势,搭建起了溶蚀孔与微裂缝之间高效的连通网络。其在成岩作用的后期阶段,对孔隙-裂缝系统的进一步发育演化起到了关键的促进作用,通过增强流体在储层内的运移通道有效性,显著提升了储层的渗透性。



(A) C3-16-24井, 3568.50m, 压实作用, 点、点一线接触以及凹凸-线接触; (B) L81, 3878.48m, 铁方解石胶结; (C) CT2井, 3808.2m, 铁白云石胶结; (D) C3-16-24井, 3568.70m, 石英再生加大; (E) C3-25-11井, 3723.27m, 粒间硅质颗粒充填, 见破裂缝发育; (F) CT3-5井, 3969.96m, 火山尘; (G) CT2井, 3923.85m, 高岭石胶结; (H) C3-21-39, 3562.75m, 蠕虫状高岭石等黏土矿物, 周围硅质, 见其内部溶蚀孔; (I) C3-21-39井, 3562.40m, 微裂缝。

图1 盒8段储层成岩作用类型

3 成岩阶段划分及成岩演化序列

研究区域的盒8段地层埋深范围约为3600至4000米,成熟度属于成熟到高成熟阶段; $3\% \leq S/(I/S) \leq 32\%$, 石英颗粒I期加大现象较为显著,铁方解石作为关键的碳酸盐胶结成分,因其难溶性特点而广泛分布;颗粒以线-缝合状方式接触为主。根据流体包裹体实验的分析数据,研究区目标层内,与烃类包裹体共存

的盐水包裹体的均一温度(反映流体被捕获时的温度)主要分布在90℃至170℃区间,其中温度峰值集中在100℃至160℃。通过综合分析各项研究数据,研究区盒8段地层呈现出少量处于中成岩A期,而整体上处于中成岩B期的特征,其对应的成藏时期为晚侏罗世至早白垩世。依据《碎屑岩成岩阶段划分标准》(SY/T 5477-2003),研究区盒8段局部区域处于中成岩A期,而整体则位于中成岩B期。

综合研究揭示,该区域的成岩演化序列如下:经历中等程度的机械压实作用→早期形成绿泥石颗粒包膜→进入中成岩B期,储层逐渐致密化,石英I型加大边形成→发生弱交代作用→岩屑发生溶蚀→自生高岭石生成→石英II型加大边形成→方解石经历弱溶蚀→晚期铁方解石或白云石交代碎屑颗粒。

4 成岩相分类

成岩相是控制储层物性的重要因素,有利于了解储层的非均质性。不同成岩相组合决定储层孔喉、物性。研究成岩相分类,能预测储层分布与质量,为勘探指引目标,提升勘探成功率。

4.1 成岩相类型划分

通过对研究区盒8段储层的成岩作用的类型和强度进行了定性与定量评估,进而将盒8段储层砂岩划分为五种成岩相类型:高结晶度高岭石胶结—粒间孔—晶间孔相、中等结晶度高岭石胶结—溶孔晶间孔相、黏土矿物胶结晶间孔相、碳酸盐胶结致密相、泥质杂基致密相(表1)。

表1 研究区盒8段成岩相类型划分表

类型	成岩相	孔隙度%	渗透率%	岩性	孔隙类型	储层质量
I类	高结晶度高岭石胶结—粒间孔—晶间孔相	7-10	0.7-0.9	岩屑石英砂岩	晶间孔、粒间溶孔、残余粒间孔、微裂隙	好
II类	中等结晶度高岭石胶结—溶孔晶间孔相	5-9	0.2-1.0	岩屑石英砂岩	溶孔、晶间孔、微裂隙	较好
III类	黏土矿物胶结晶间孔相	5-7	0.1-0.5	岩屑石英砂岩	少量溶孔及晶间孔	一般
IV类	碳酸盐胶结致密相	2-5	<0.1	岩屑砂岩、岩屑石英砂岩	极少量微裂隙、晶间孔	较差
V类	泥质杂基致密相	0.5-3	<0.1	岩屑砂岩	极少量溶孔	差

4.2 成岩相类型平面分布特征

研究区盒8段中城探3区块I类成岩相主要发育于中砂带中心部位,呈条带状,在砂体厚、粒度粗且溶蚀作用显著的区域,主要分布在分流河道的中心地带;II类成岩相主要分布于三条主要砂带的中心区域;III类成岩相主要分布于三条主砂带边部;IV类成岩相主要分布于研究区非主砂带部位;V类成岩相主要分布于研究区砂带边部。

5 结论

(1)合水-正宁地区盒8段储层砂岩多为灰白色含砾中粗砂岩,杂基含量高,砂岩主要由石英颗粒构成,岩屑含量次之。砂岩碎屑组分以次棱角状-次圆为主,粒径集中在0.5至2毫米之间,以中砂和粗砂为主,分选性中等。主要粒度集中于中砂和粗砂,分选程度中等。胶结类型以孔隙胶结为主导,辅以连晶式胶结及复合型胶结。

(2)合水-正宁地区盒8段储层主要的破坏性成岩作用包括机械压实、胶结以及火山灰的充填作用,而建设性成岩作用则包括溶蚀和破裂作用。研究区盒8段储层砂岩局部处于中成岩A期,整体则位于中成岩B期。

(3)合水-正宁地区盒8段一共识别出了五种成岩相:高结晶度高岭石胶结—粒间孔—晶间孔相、中等结晶度高岭石胶结—溶孔晶间孔相、黏土矿物胶结晶间孔相、碳酸盐胶结致密相、泥质杂基致密相。

参考文献

[1]王晓晨,罗静兰,李文厚,等.鄂尔多斯盆地苏77、召51区块山2~3段储层成岩作用与孔隙演化定量分析[J].现代地质,2017,31(03):565-573.

[2]王振川.鄂尔多斯盆地延安南部盒8储层成岩作用及成岩相[J].内蒙古石油化工,2019,45(01):90-96.

[3]王永强,嵇业成,李传浩,等.庆阳气田城探3区块地质特征[J].化工管理,2022,(33):41-43.

作者简介:

暴文博(1998--),男,汉族,陕西榆林人,研究生,主要从事沉积学及储层地质学研究。

郭艳琴(1972--),女,汉族,陕西榆林人,博士,教授,从事沉积学及储层地质学研究。