

苏里格气田西部盒8段储层成岩作用及其演化*

高星 陈洪德 朱平 赵俊兴 董少峰

成都理工大学沉积地质研究院

高星等. 苏里格气田西部盒8段储层成岩作用及其演化. 天然气工业, 2009, 29(3): 17-20.

摘要 为揭示苏里格气田西部下二叠统石盒子组第8段(简称盒8段)相对优质储层的时空展布规律并给储层预测提供依据,基于铸体薄片、扫描电镜、X光衍射和电子探针等分析化验资料,对盒8段储层的成岩作用及其演化进行了研究。结果认为:①盒8段储层岩石类型主要为岩屑石英砂岩,其次为石英砂岩,碎屑颗粒组合具有高石英、高岩屑、低长石的特点,填隙物以杂基和硅质为主;②该储层经历的成岩作用中,压实作用、胶结作用和交代蚀变作用对孔隙发育主要起到破坏性影响,溶蚀作用和破裂作用主要对孔隙发育起建设性作用,特别是溶蚀作用形成的大量次生孔,成为主要储集空间;③胶结压实相与强溶蚀相组合为最有利的储层发育区,胶结压实相与中等溶蚀相组合属于较有利储集层发育区,相对优质储层主要发育于冲积平原的主河道和三角洲平原的分流河道上且与溶蚀作用所形成的次生孔的分布及胶结物的类型、含量有着紧密的关系。

关键词 苏里格气田西部 早二叠世 碎屑岩储集层 成岩作用及其演化 相对优质储层 分布

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.03.005

苏里格气田西部位于伊陕斜坡的西北部,南起陕西省定边县,北至敖包加汗,西抵布拉格苏木,东到嘎鲁图。该区由于沉积相和成岩作用的影响,储集砂体平面展布复杂,低孔低渗,非均质性严重^[1-3]。在建立成岩演化模式的基础上,对成岩相组合特征进行研究,分析成岩相组合与储层发育的关系及其区域分布规律,以期揭示苏里格气田西部下二叠统石盒子组第8段(以下简称盒8段)相对优质储层的时空展布规律提供依据。

1 岩石学特征

根据248件薄片鉴定分析,研究区盒8段砂岩储层的岩性以中—粗粒岩屑石英砂岩为主,石英砂岩次之,碎屑颗粒组合具有高石英、高岩屑、低长石的特点(图1)。其中碎屑石英主要以单晶石英为主,其次为多晶石英。长石含量一般小于2%,主要为微斜长石和钾长石。岩屑在盒8段地层中的平均含量与岩石类型关系密切,岩屑组分较为稳定,成分以泥岩岩屑、粉砂岩岩屑为主。填隙物以杂基和硅质为主,含量分别为1.38%~10.43%、0.80%~11.30%,高岭石、方解石和铁方解石在研究区各井都有分布

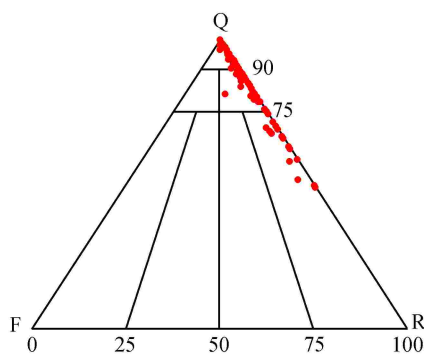


图1 盒8段Q、F、R投点图

且含量变化范围较大,分别在0.03%~10.20%和0.20%~14.50%之间;部分井见有0~4.80%的环边绿泥石。碎屑分选性中等到偏好,但磨圆度较差,多为次圆—次棱角状,颗粒之间以线接触为主,局部为点接触,支撑方式多为颗粒支撑,胶结类型以接触式和孔隙式胶结为主,岩石的结构成熟度为中等。

2 成岩作用特征

盒8段有利储集体发育相带主要为冲积平原的主河道和三角洲平原分流河道。按各种矿物成岩演化的相对顺序,根据铸体薄片、扫描电镜和X光衍射

* 本文受到国家自然科学基金项目(编号:40602012)的资助。

作者简介:高星,女,1983年生;主要研究方向为储层沉积学。地址:(610059)四川省成都市成华区二仙桥东三路1号。电话:13438470309。E-mail:gx1983@sina.com

分析资料、自生矿物生成顺序和相互之间的穿插关系、碎屑与填隙物的组构特征和成岩作用特征进行这些相带的成岩演化序列等综合分析,确认成岩演化主体已进入中成岩B期,部分可能达到晚成岩期。在埋藏成岩过程中主要经历的成岩变化有:压实作用、胶结作用、溶蚀作用、交代作用及破裂作用等。

2.1 压实作用

沉积物沉积后在上覆水层或沉积层的重荷下,或在构造变形应力作用下,发生水分排出、孔隙度降低、体积缩小的成岩作用,在沉积物内部可以发生颗粒的滑动、转动、位移、变形、破裂,进而导致颗粒的重新排列和某些结构构造的改变^[4]。

苏里格气田西部盒8段为深部储集砂岩,观察岩石井深度在3 100~3 700 m之间,压实作用使原生粒间孔损失20%~25%,残留原生粒间孔10%~20%,属于中—强压实。镜下普遍表现为碎屑多呈点—线接触,塑性碎屑变形(图2-a),大多数砂岩中的粒间孔减少,呈现细小粒间孔特征。

2.2 胶结作用

胶结作用是影响该区储层物性好坏的重要因素之一。研究区段砂岩中的胶结物除了杂基外,还有较多的自生矿物先后出现,如自生高岭石、自生伊利石,绿泥石、硅质、铁白云石、含铁方解石等碳酸盐矿物,其中尤以高岭石和方解石分布最为广泛,是区内主要的充填矿物,对储层起到明显的破坏作用。

2.2.1 高岭石胶结物

高岭石在研究区段发育较普遍,各井平均含量0.03%~10.20%不等,对孔隙起充填作用。储集砂

岩中高岭石按成因可分为蚀变高岭石和淀高岭石两种:①蚀变高岭石主要形成于浅埋藏早期,在酸性孔隙水的作用下,铝硅酸盐向高岭石转化蚀变形成高岭石。这种高岭石发育有大量晶间孔,有利于储层微孔的增加。②淀高岭石形成于埋藏成岩阶段,有机质脱羧基作用及有机质煤化作用形成的强酸性孔隙水溶蚀大量泥岩屑和长石,导致孔隙水中铝硅酸盐含量不断增高而沉淀出淀高岭石。这种高岭石分布于次生粒间孔中,致使部分次生粒间孔被充填(图2-b、c),对储层起到破坏作用。

2.2.2 环边绿泥石胶结物

研究区段内部分井见有形成于早成岩期环边绿泥石,多在细—中粒砂岩中沿粒间孔壁生长,厚0.02~0.04 mm,含量为0.18%~4.80%。受环边绿泥石保护,一定程度上阻止了次生石英加大的形成,同时又使岩石抗机械压实作用能力增强,大多数原生粒间孔得以保存^[5]。

2.2.3 碳酸盐胶结物

碳酸盐胶结物是盒8段砂岩储层较常见的胶结物之一。据薄片观察统计,碳酸盐胶结以含铁方解石为主,各井方解石胶结物平均含量为0.12%~24.20%,平均值为3%,多以充填粒间孔或交代长石碎屑形式出现(图2-a)。研究区石英砂岩中可观察到铁方解石交代石英颗粒及粒间陆源黏土和杂基,使石英颗粒边缘呈港湾状、锯齿状。碳酸盐交代骨架颗粒和填隙物时充填了早期形成的部分粒内、粒间溶蚀孔和原生残留孔。因此属破坏性成岩作用。

铁白云石在西部砂岩的粒间孔中均仅零星分

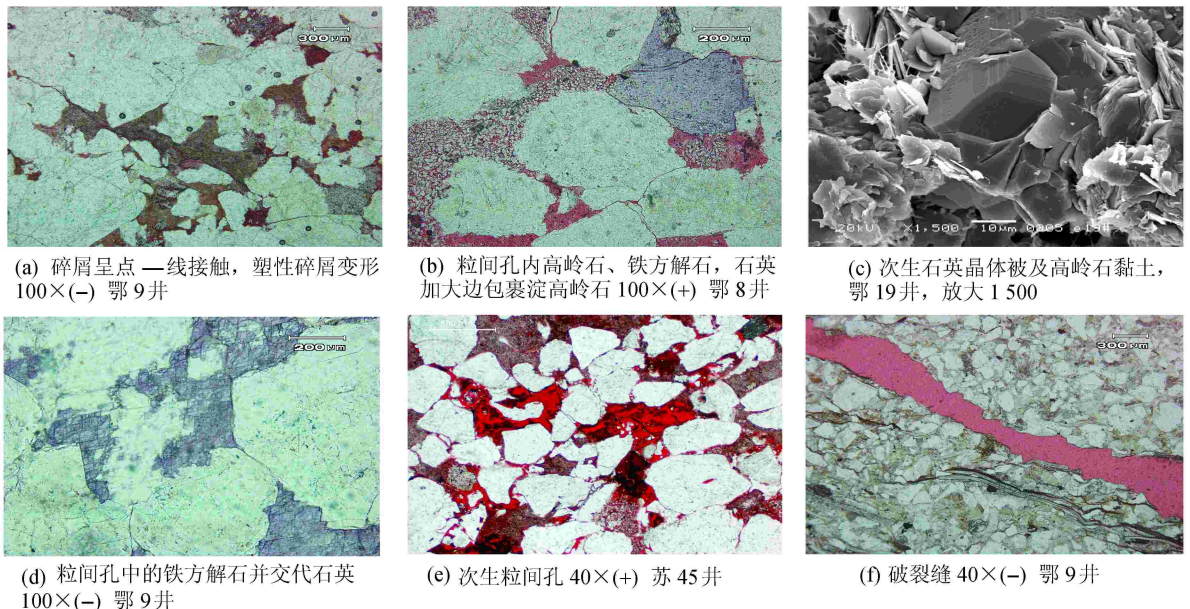


图2 盒8段孔隙及成岩作用特征图版

布,在部分井中见到0.05%~0.25%的铁白云石,多呈半自形菱面体充填粒间孔。铁白云石形成于硅质、高岭石形成阶段之后,通常和一些含铁较高的方解石沉淀于相对较晚的成岩阶段,占据粒间溶解孔,也属于破坏性成岩作用的范畴。

2.2.4 硅质胶结物

硅质是研究区盒8段砂岩中最常见的胶结物之一,硅质在各类砂岩中含量变化很大,通常在0~13%。研究区内硅质胶结物的主要表现形式有:石英次生加大边、他型充填、自型石英晶体。多数硅质以次生加大边形式产出呈自形较好的晶体充填于粒间孔隙中,部分呈微晶自形石英充填于溶孔内,它形充填形式现象主要出现在有环边绿泥石沉淀的岩屑石英砂岩中,充填绿泥石剩余孔隙。硅质胶结物以各种不同的形式降低砂岩孔隙度,增加骨架颗粒强度,抑制压实作用的进行。

2.3 交代蚀变作用

交代作用指一种矿物代替另一种矿物的现象,通过物质的进入和带出使得沉积物在成分上发生变化,其实质为被交代矿物的溶解和交代矿物的沉淀同时进行进而导致替代现象的发生^[1]。本区盒8段砂岩中常见的交代蚀变作用有长石的高岭石化现象、蒙脱石经混层向伊利石和绿泥石的转化,高岭石与伊利石、绿泥石的相互转化以及各碳酸盐之间的相互转化等(图2-d)。泥质(蒙皂石)、长石、火山岩屑、千枚岩屑等蚀变成高岭石,普遍存在于研究区段各类砂岩中,岩屑石英砂岩中最发育。

2.4 溶解作用

砂岩中的碎屑颗粒、杂基、胶结物和交代矿物,在一定的成岩环境中可以不同程度地发生溶解,形成次生孔,次生孔对改善砂岩储层的储集性能起积极作用^[1]。溶解作用及由溶解作用造成的次生溶孔在研究区发育普遍。大量的铸体薄片和扫描电镜分析显示,研究区段储层溶蚀作用分为两期:

早成岩期溶蚀作用:表现为多数泥质填隙物普遍发生不同程度的溶蚀,并伴有泥质杂基高岭石化和铝硅酸盐水化、黏土化等。本期溶蚀作用水介质呈弱酸性,对碳酸盐不饱和,表现为无铁方解石和铝硅酸盐的弱溶蚀,和长石产生部分溶蚀,形成大量的溶蚀孔及组构型溶孔,对孔隙形成具有积极作用。但大多数次生粒间孔在成岩晚期被不同程度地充填,故早成岩期形成的溶蚀孔常难以保存。

中成岩期溶蚀作用:该阶段的溶蚀作用与烃源岩中有机质演化、黏土转化的脱羟基水、碳酸水有

关。酸性成岩水引起砂岩沉积组分发生二次溶解,由于本期碳酸是饱和的,对碳酸盐矿物弱溶或不溶蚀,但经历了两次溶蚀的铝硅酸盐碎屑则显示有强的溶蚀,主要表现为泥岩屑和长石碎屑及富凝灰质的火山岩屑及泥质杂基等溶蚀现象普遍(图2-e)。另外,酸性孔隙水使得早期的破裂缝边缘被溶蚀,形成裂溶缝(图2-f),使得孔隙度增加,连通性增强。储层中的次生溶孔多为第二次溶蚀形成的。

2.5 破裂作用

破裂作用在研究区段的储集砂岩中以压裂缝和裂溶缝为主,构造破裂缝相对不发育,微裂缝多进一步发育成裂溶缝(图2-f)。裂缝的形成有利于酸性孔隙水进入,促进对矿物颗粒和填隙物的溶解,经溶蚀改造后可形成孔径较大的溶蚀孔和宽的溶蚀缝,缝宽可超过50 μm。面孔率增大,使储层物性变好。

3 储层成岩相类型及相带划分

3.1 成岩相及其研究意义

成岩相是成岩环境的物质表现,是各种成岩事件的相对强度、成岩环境与成岩产物的综合表现。成岩相包含两方面的内容,即成岩环境及该环境下的成岩产物^[5-6],不同成岩相组合控制不同的储层孔隙发育特征和储集物性,成岩相是反映岩石所经历的复杂成岩史,多种成岩环境下多种成岩作用的叠加与改造,其反映控制孔隙演化的主要成岩作用,并决定其目前的总貌,成岩相的划分有助于储层的区域评价和预测^[3]。

3.2 成岩相组合分布特征及与储层发育的关系

根据砂岩中的沉积—成岩环境、孔隙水性质结合成岩作用变化所表现出来的各种组构特征,研究区盒8段砂岩成岩相图可划分出4个主要的成岩相类型:压实成岩相、压实—胶结成岩相、胶结成岩相和溶蚀成岩相。在平面上不同成岩相的组合类型,表现出不同的储层物性特征。研究区(除泥岩压实成岩相)可划分为5个区域(图3):

1)杂基+绿泥石+硅质+高岭石+原生孔强溶蚀相:属于强溶蚀相与胶结成岩相的组合,分布于冲积平原东部砂带的河道变宽处的区域。该区孔隙度普遍大于5%,平均达到7.14%,渗透率 $1.78 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于最有利储层发育区。

2)杂基+硅质+高岭石溶蚀相:属于中强溶蚀相与压实—胶结相的组合,分布于研究区东南部,沉积微相仍是河道、分流河道,孔隙度均值为8.50%,渗透率平均为 $1.73 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于较有利储层发育区。

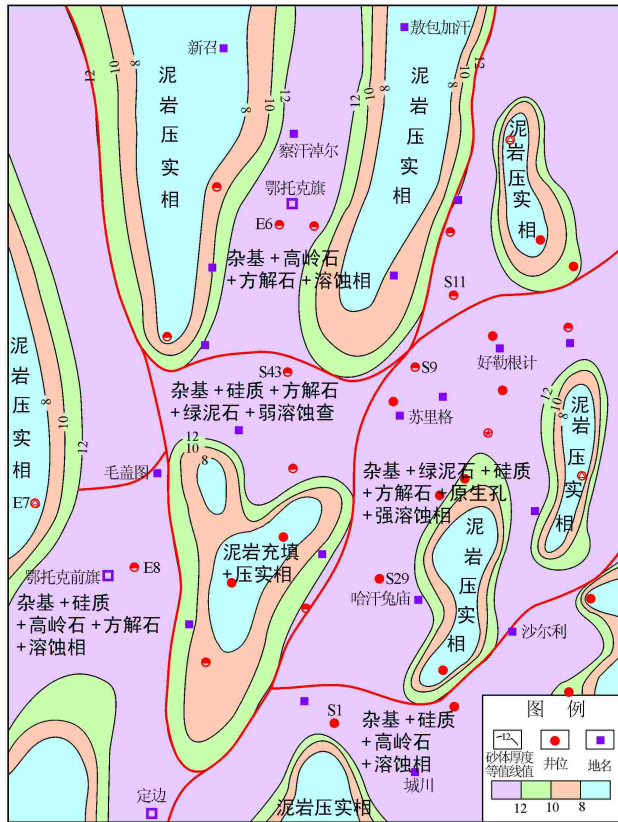


图3 盒8段胶结—溶蚀成岩相图

育。不同胶结物不同含量在一定的程度上可以不仅表现为破坏性的作用,如5区和1区均含有绿泥石,含量相对较多的5区物性较差,次生孔隙不发育,绿泥石表现为封堵粒间孔的作用,而含量较少的1区则次生孔隙和原生粒间孔都发育。说明成岩相是反映岩石所经历复杂成岩史,多种成岩环境下多种成岩作用的叠加与改造的反应,成岩相的划分有助于储层的区域评价和预测。

4 结论

1) 盒8段砂岩储层的主要岩石类型为岩屑石英砂岩,其次为石英砂岩,碎屑颗粒组合具有高石英、高岩屑、低长石的特点,充填物以杂基和硅质为主。

2) 盒8段砂岩储层经历的成岩作用类型中,压实作用、胶结作用和交代蚀变作用对孔隙发育主要起到破坏性影响;溶蚀作用和破裂作用主要对孔隙发育主要起建设性作用,特别是溶蚀作用形成的大量次生孔,成为主要储集空间。

3) 盒8段成岩相组合表现为胶结压实相与强溶蚀相组合为最有利的储层发育区。胶结压实相与中等溶蚀相组合属于较有利储集层发育区。相对有利储层主要发育于冲积平原的主河道和三角洲平原的分流河道上,且与溶蚀作用所形成的次生孔的分布及胶结物的类型和含量有着紧密的关系。

参考文献

- [1] 张明禄,达世攀,陈调胜.苏里格气田二叠系盒8段储集层的成岩作用及孔隙演化[J].天然气工业,2002,22(6):13-16.
- [2] 何东博,贾爱林,田昌炳.苏里格气田储集层成岩作用及有效储集层成因[J].石油勘探与开发,2004,31(3):69-71.
- [3] 刘锐娥,李文厚,拜文华,等.苏里格庙地区盒8段高渗储层成岩相研究[J].西北大学学报:自然科学版,2002,32(6):667-671.
- [4] 刘宝珺,张锦泉.沉积成岩作用[M].北京:科学出版社,1992.
- [5] 黄思静,黄培培,王庆东,等.胶结作用在深埋藏砂岩孔隙保存中的意义[J].岩性油气藏,2007,19(3):8-13.
- [6] 申艳,谢继容,唐大海.四川盆地中西部上三叠统须家河组成岩相划分及展布[J].天然气勘探与开发,2006,29(3):21-25.

(修改回稿日期 2009-02-09 编辑 居维清)

3) 杂基+硅质+高岭石+方解石溶蚀相:与杂基+硅质+高岭石溶蚀相相似,属于中强溶蚀相与压实—胶结相的组合,分布于研究区的西部砂带地区,为冲积平原主河道分叉处;自生矿物以杂基、方解石、硅质和高岭石为主,主要的储集空间为溶蚀作用形成的次生粒间孔,属于较有利储层发育区。

4) 杂基+高岭石+方解石溶蚀相:属于压实—胶结成岩相与弱溶蚀相的组合,分布于研究区中北部,主要为中部河流开始分流附近;可见少量次生粒间孔,渗透率均值仅 $0.50 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于较差储层。

5) 杂基+绿泥石+硅质+方解石弱溶蚀相:属于胶结压实相与弱溶蚀相组合,分布于中部砂带与东部砂带交汇地区,孔隙度均值为6.37%,渗透率为 $0.41 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,环边绿泥石发育,对粒间孔起到了主要的封堵作用,致使面孔率极低,属于差储层。

综上所述,研究区段有利储层主要发育于冲积平原的主河道和三角洲平原的分流河道上,且与溶蚀作用所形成的次生孔的分布有着紧密的关系,溶蚀作用越强的区域,相对储层物性越好,储层相对发