Collapse Breccia of Chang 7 Member in Heshui Area, China

Jiaqi Zhou^{1,2} Fei Li^{1,2} Qiong Cai^{1,2}

1. College of Earth Science and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2. Key Laboratory of Shaanxi Province for Oil and Gas Accumulation Geology, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

Abstract

Through core observation, scanning electron microscope, drilling and logging, various analysis and testing data, combined with previous studies, this paper studies the different diagenesis characteristics and diagenetic stages of Chang 7 member in Heshui Area, China, and reveals the main control factors affecting the development of high-quality reservoirs. The results show that the rocks of Chang 7 member in the research area are mainly quartz, the interstitial materials are mainly clay minerals and carbonate cements, and the pore types are mainly feldspar dissolved pores and primary intergranular pores, The pore structure is complex. Comprehensive analysis shows that the tight reservoir of Chang 7 member is mainly controlled by diagenesis. The main diagenesis in the study area includes mechanical compaction, cementation and dissolution. Mechanical compaction and cementation reduce primary pores and make reservoir physical properties worse; The physical properties of the reservoir are improved by the secondary pores produced by dissolution.

Keywords

collapse breccia; dense sandstone; Chang 7 member; Heshui Area, China

中国合水地区长7段成岩作用研究

周嘉琦^{1,2} 李菲^{1,2} 蔡琼^{1,2}

1. 西安石油大学地球科学与工程学院,中国·陕西西安710065

2. 陕西省油气成藏地质学重点实验室,中国·陕西西安710065

摘要

通过岩心观察、扫描电镜、钻录井及各类分析测试等资料,结合前人研究,对中国合水地区长7段不同成岩作用特征和成 岩阶段划分进行研究,揭示影响优质储层发育的主要控制因素,结果表明:研究区长7段岩石以石英为主,填隙物以黏土 矿物和碳酸盐胶结物为主,孔隙类型以长石溶孔和原生粒间孔为主,孔隙结构复杂。综合分析认为,长7段致密储层主要 受成岩作用的控制。研究区主要成岩作用包括机械压实作用、胶结作用及溶蚀作用,其中机械压实作用和胶结作用减少原 生孔隙使储层物性变差;而溶蚀作用产生次生孔隙使储层物性得到改善。

关键词

成岩作用; 致密砂岩; 长7段; 中国合水地区

1 引言

随着技术的不断发展,致密砂岩储层的研究成为热点。 中国鄂尔多斯盆地延长组长7储层物性致密且孔隙结构复 杂,称为典型的致密岩油储层。成岩作用与沉积物的埋藏 同时进行,对于致密砂岩储层来说,不同程度的成岩作用 对储层发育的影响差异较大。影响成岩作用的因素包括温 度、岩石成分、流体来源、压力等成岩环境条件。前人对 长7储层的研究较多,包括储层、沉积以及重力流等方面。 为进一步研究致密砂岩储层的成岩作用,论文以合水地区 长7段为例,通过对各种地质资料及测试资料的分析,总 结影响优质储层发育的主控因素,对研究区长7段致密砂

【作者简介】周嘉琦(1997–),女,在读硕士,从事沉积 学研究。 岩的研究提供思路。

2 区域地质概况

合水地区构造上位于鄂尔多斯盆地的西南部的伊陕斜 坡带,构造相对稳定,坡度通常小于1°(见图1)。鄂尔 多斯盆地延长组整体为一套典型的河流湖泊沉积,根据沉 积旋回自下而上可分为10个段^[1]。

根据地层厚度,将长7段自下向上划分为三个小层: 长7₃、长7₂及长7₁。长7段地层厚度较为稳定,变化不大, 平均厚度约105m,其中长7₃厚度为25~49m,岩性以页岩 为主,与整个长7地层相比较,岩石颜色较深,显示出了 长7₃期水体深度大,为深湖相的强还原环境。长7₂厚度为 21~52m,岩性以粉砂岩与细砂岩为主。长7₁地层厚度约为 18~44m,砂地比为长7段最高^[2]。



图 1 研究区构造位置及延长组地层柱状图

3 储层特征

3.1 岩石学特征

碎屑岩由碎屑物质与填隙物组成,可以反映物源方向 与母岩类型。根据砂岩铸体薄片分析,合水地区长7储层的 岩石组成均以石英为主,岩屑次之,长石含量相对较少(见 图2)。长7段填隙物中杂基以泥质为主,胶结物以水云母 胶结物为主(见表1)。



图 2 长 7 岩石成因类型分布三角图

从长7三个小层填隙物含量来看,长7,水云母含量最高,长7,与长7,相差不大;长7,铁云母含量最高,长7,与长7,接近,长7,含量最少;长7,与长7,铁白云石含量相同且远大于长7,;长7,硅质含量最高,长7,次之,长7,最少;长7,绿泥石含量最高,高于长7,远高于长72。

表1长7填隙物组分分层统计表

		填隙物组分(%)										
分层	高岭石	水云 母	绿泥 石	方解 石	铁方 解石	硅质	铁白 云石	长石 质	网状 黏土	凝灰 质	其他	
长 71	0.02	9.94	0.8	0.06	2.13	1.08	1.74	0.05	0	0	0.46	
长 72	0.21	9.62	0.12	0.42	2.11	1.3	1.74	0.04	0.05	0	0.94	
长 73	0.07	14.24	0.49	0	1.17	1.31	0.98	0.05	0.11	0.08	1.39	

该区长7储层砂岩粒度以细粒为主,磨圆度中等,以 次棱角状为主,颗粒分选中等;颗粒呈点一线接触;砂岩结 构成熟度差,成分成熟度较低^[3]。

3.2 孔隙特征

3.2.1 孔隙类型

合水地区长7段孔隙类型以长石溶孔为主,占比接近 59%,其次为原生粒间孔,占比接近25%。另外,长7段中 还少量发育有一些微裂缝(见表2)。从长7三个小层填隙 物含量来看,长7₃水云母含量最高,长7₁与长7₂相差不大; 长7₁铁云母含量最高,长7₂与长7₁接近,长7₃含量最少; 长7₁与长7₂铁白云石含量相同且远大于长7₃;长7₃硅质含 量最高,长7₂次之,长7₁最少;长7₁绿泥石含量最高,高 于长7₃,远高于长7₂。

表 2 长 7 各类孔隙相对含量统计表

分	孔隙类型含量(%)										
月	原生粒	粒间	长石	岩屑	铸模	晶间	微裂	面孔	平均孔		
/조	间孔	溶孔	溶孔	溶孔	孔	微孔	缝	率	径		
长 71	25.18	1.66	58.86	11.85	0	1.21	1.23	1.27	15.17		
长 7 ₂	23.24	2.21	58.13	9.76	1.07	2.54	3.06	1.72	16.67		
长 73	26.83	3.66	52.44	15.85	0	0	1.22	1.37	20		

3.2.2 孔隙结构

储层孔隙结构包括孔喉大小、分选、连通性等特征。 根据压汞实验获得的排驱压力、分选系数、变异系数及喉道 中值半径参数,是孔隙结构的表征参数,这些参数控制储层 内流体的运动。各参数特征如下:

① 排驱压力: 排驱压力的大小与储层的物性呈反比。 研究区长7储层有72%的样品排驱压力大小介于1~4MPa 之间,表明储层排驱压力较高,储层相对致密。

② 分选系数: 长7储层有 57%的样品分选系数介于 1~1.6之间,11%的样品分选系数小于 0.02,分选系数整体 偏小,表明喉道分布较为集中。

③ 变异系数: 长7储层有 69%的样品变异系数介于 0.06~0.14之间,变异系数整体偏小,表明喉道大小离散程 度较小且较均匀。

④ 喉道中值半径: 长7储层有 30% 的样品的喉道中值 半径介于 0.04~0.1µm,相对集中在 0.02~0.2µm,表明储 层孔喉较小,以细喉道为主,有少量粗喉道。

4 成岩作用类型及特征

4.1 机械压实作用

成岩作用早期,研究区长7储层机械压实作用主要表现在云母、岩屑等塑性颗粒的变形以及石英、长石等刚性颗粒的破裂^[4]。机械压实导致了岩石骨架颗粒发生定向排列和岩石孔隙度的大幅度降低,同时改变了骨架颗粒接触方式,逐渐由点接触变为线接触(见图3)。因此,压实作用对储层物性起破坏作用。

4.2 胶结作用

合水地区长7储层发育不同类型胶结物(见表3、图4), 黏土矿物胶结物以伊利石为主;碳酸盐胶结物以铁方解石和 铁白云石为主;硅质胶结物也分布较普遍,但含量相对较低, 平均含量仅为1.2%。胶结物通常是作为孔隙填充物堵塞孔 隙空间,并在颗粒表面形成黏土矿物薄膜或石英次生加大 边,严重影响了储层的物性。

表3台水地区长/股结物含重表(単位:)	%	%	
---------------------	---	---	--

层位	伊利石	绿泥石	高岭石	碳酸盐	硅质	长石质	填隙物 含量
长7	9.4	0.74	0.2	3.7	1.2	0.2	15.4

4.3 溶蚀作用

鄂尔多斯盆地最普遍的溶蚀作用是长石溶蚀,镜下可 以看到明显的长石溶蚀的出现(见图5)。长石溶蚀先从长 石解理缝溶蚀,产生次生溶蚀孔隙。研究发现,研究区长7 储层砂岩中次生孔隙能够弥补其他成岩作用对储层孔隙的 破坏,改善储层物性。

5 成岩阶段划分

根据古地温、镜质体反射率及有机质成熟度等数据,可以得知研究区 Ro值分布范围较广,介于0.5~1.5%,因此可以将研究区延长组储层砂岩成岩阶段划分为中成岩阶段A₁亚期、A₂亚期、B期三个期次。在不同亚期,成岩阶段存在细微差别,其主要特征如下:

①中成岩阶段 A₁ 亚期:部分样品镜质体反射率分布在 0.5% ≤ Ro < 0.7%,表明个别样品有机质处于低熟阶段并 开始生油。在油气生成过程中,有酸性热流体随之生成,于 是开始进行溶蚀作用,次生孔隙伴随着溶蚀作用的开始也 逐渐开始发育。黏土矿物不断转化使石英的加大现象更加显 著,且更多的高岭石与伊利石在此阶段形成。

②中成岩阶段 A_2 亚期:部分样品镜质体反射率分布在 Ro $\geq 0.7\%$,表明个别样品有机质进入成熟阶段,砂岩固结 程度较高,伊利石与高岭石的含量达到了极大值。 A_2 亚期 后期, Ro > 1.0%,达到从有机质成熟阶段向高成熟阶段过 渡的时期,由于固结成岩作用依然强烈,砂岩储层最终转化 为了致密砂岩储层。

③中成岩阶段 B 期: 部分样品镜质体反射率分布在 Ro>1.3%,表明个别样品有机质处于高成熟阶段,埋深达 到最深,砂岩储层更加致密,溶蚀作用难以进行,胶结作用 成了成岩作用的主要作用,孔隙度达到最低,黏土矿物只有 伊利石与高岭石存在。

6 结论

①合水地区长7储层主要的岩石类型为长石岩屑砂岩 和岩屑砂岩,填隙物主要以黏土矿物和碳酸盐胶结物为主, 砂岩结构成熟度和成分成熟度均差。孔隙类型主要以长石溶 孔和原生粒间孔为主,吼道半径较小,整体物性较差。

②研究区长7储层受成岩作用的控制,主要成岩作用 包括机械压实、溶蚀、交代和胶结四个作用,其中机械压实 导致了岩石骨架颗粒发生定向排列和岩石孔隙度的大幅度 降低,和胶结作用破坏储层物性;而溶蚀作用产生次生孔隙 使储层物性得到改善。经历了一系列的成岩作用后,该区长 7储层成岩阶段划分为中成岩阶段 A₁亚期、A₂亚期、B 期 三个期次。



L20 井(1596.4m) 机械压实颗粒破裂

L20 井(1596m) 机械压实变形颗粒



Z40 井 (1732m) 伊利石胶结

Z40 井(1732m) 碳酸盐胶结

图 4 研究区胶结物电镜效果图



B33 井(1876.5m) 长石席状溶蚀

B33 井(1877m) 长石溶蚀

图 5 研究区溶蚀作用电镜效果图

参考文献

- [1] 张浩,陈刚,唐鑫,等.应用测井响应评价致密油储层成岩相:以鄂尔多斯盆地合水地区长7储层为例[J].地质科技情报,2017,36(3):262-270.
- [2] 杨姣,刘涛,白耀文,邓.小波分析联合灰色系统理论在沉积微相 研究中的应用——以丰富川油田长2-1储层为例[J].岩性油气

藏,2012,24(4):75-79.

- [3] 姚婷婷,鲍志东,张云龙,等.鄂尔多斯盆地姬塬油田西部长8段储 层成岩作用与致密成因[J].矿物岩石,2016,36(2):99-111.
- [4] 赵香玲.西藏色林错地区下白垩统多尼组沉积特征分析与储层 评价[D].成都:成都理工大学,2016.