

文章编号: 1001-1986(2010)06-0027-06

东营凹陷古近系孔店组成岩特征及对储层的控制

谭先锋^{1,2}, 田景春¹, 李祖兵², 邢学良³, 张守鹏⁴

(1. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059; 2. 重庆科技学院石油与天然气工程学院, 重庆 401331; 3. 塔西南勘探开发公司柯克亚作业区, 新疆 喀什 844804; 4. 胜利油田地质科学研究所, 山东 东营 257015)

摘要: 通过岩石薄片、扫描电镜、镜质体反射率、X衍射、物性分析等资料, 对东营凹陷盆地古近系孔店组成岩作用进行研究。结果表明: 原始碎屑组分和化学沉积分异作用引起的早期胶结物性质决定了后期的成岩演化; 典型成岩现象有强烈压实作用、硬石膏胶结、多期次碳酸盐胶结、多期次粘土矿物胶结、硅质强烈胶结、矿物强烈穿插交代、碎屑颗粒和胶结物的溶解作用, 各种成岩现象对深部碎屑岩储层均产生重要影响。同时也证实: 压实作用是引起深部碎屑岩强烈致密化的主要原因; 硬石膏胶结、碳酸盐胶结和硅质胶结是引起致密化的又一重要原因; 长石、碳酸盐胶结物的溶解作用是引起该地区储层改善的主要成岩因素。

关键词: 成岩作用; 储层; 控制因素; 孔店组; 东营盆地

中图分类号: P588.2; P618.130.21 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1001-1986.2010.06.006

Diagenetic character and controlling factor of reservoir of Kongdian Formation of Paleogene in Dongying basin

TAN Xianfeng^{1,2}, TIAN Jingchun¹, LI Zhubing², XING Xueliang³, ZHANG Shoupeng⁴

(1. State Key Laboratory for Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331, China; 3. Kexiya Operation Section of Tasi South West Exploration Development corporation, Kashi 844804, China; 4. Geology Institute of Shengli Oil-field, Dongying 257015, China)

Abstract: Based on the analysis of thin-section, scanning electron microscopic observation, vitrinite reflectance, X-diffraction and physical quality, the paper studied in detail the diagenesis of Kongdian Formation in Dongying sag. It is indicated that the original clastic component and the early cementation generated by the sedimentary differentiation determined the prosth diagenetic process. The typical diagenetic phenomenon includes the intensive compaction, anhydrite cementation, multiperiod carbonate cementation, multiperiod clay minerals cementation, intensive siliceous cement, intensive interpenetration replacement between minerals, solution of clastic and cementation, which influences deeply the reservoir of the deep-seated clastic rocks. The conclusion has been verified that compaction was the main cause of high pyknosis of the deep-seated clastic rocks, another cause was the cementations of anhydrite, carbonate and siliceous, solution of feldspar and carbonate cementation was the main diagenetic cause of improved reservoir.

Key words: diagenesis; reservoir; controlling factor; Kongdian Formation; Dongying basin

储层成岩演化是一个十分复杂的物理-化学过程, 受层序发育、沉积作用、构造演化、矿物成分、热流性质、流体运移及成岩环境中物理化学条件等多种因素控制^[1-4]。深部储层由于埋藏较深, 压实作用比较强烈, 成岩-胶结作用改造较强, 储层物性较差, 一直以来未能得到很好重视。随着勘探开发的深入, 深部地层的石油地质情况越来越受到石油工

作者的重视。东营凹陷沙四-孔店组地层, 研究程度较低, 不能满足石油勘探开发的需要。从现有的文献资料看, 针对沙四-孔店组的研究比较少^[5-8], 有关孔店组深部碎屑岩储层的报道就更少^[7-8]。与国内其他盆地(如东濮凹陷沙河街组、四川盆地须家河组储层)相比, 东营凹陷深部致密储层的研究相对薄弱。事实上, 这两个盆地的研究成果表明^[9-11], 深

收稿日期: 2010-05-04

基金项目: 中石化重点科技攻关项目(20070300187); 重庆市自然科学基金项目(CSTC, 2009BB7383)

作者简介: 谭先锋(1982—), 男, 重庆万州人, 博士研究生, 讲师, 主要从事沉积地质学研究。

部储层尽管比较致密,成岩作用比较强烈,但由于受到后期溶蚀作用的改造,加之油源条件较好,该类致密储层可以具有较好的储集条件。钻井资料显示,孔店组埋藏深度为 2 500~5 000 m,属于深部储层,且岩石比较致密。为了更好地摸清孔店组深部储层的油气储层情况,本文开展了深部储层成岩演化研究。

1 岩石学特征

东营凹陷孔店组以岩屑长石砂岩为主(图 1),含少量的长石岩屑砂岩。石英为 25%~60%,平均 34%;长石(以钾长石和斜长石为主)为 30%~55%,平均 35%;岩屑为 5%~30%,平均 18%,且以变质岩屑为主,其次为岩浆岩屑和沉积岩屑。云母片平均 4.5%,主要以黑云母为主。磨圆度以次圆-次棱为主,成分成熟度较低,分选较差。填隙物含量较高,为 2%~40%,平均 13%。杂基为 1%~40%,平均 5%,少量砂岩杂基含量较高,可达 15%以上,代表了构造活动强烈,快速堆积的成因特点。杂基以粘土杂基为主,还含有少量灰泥质杂基。粘土矿物包括伊利石、伊利石-蒙脱石混层、绿泥石、高岭石。胶结物含量较高,为 0.5%~40%,平均 10%;主要为杂基支撑,也有颗粒支撑,颗粒间接触方式为缝合线接触;胶结方式为基底式胶结和镶嵌式胶结,基底式胶结中见有矿物的强烈变形,且胶结物之间的交代、穿插现象比较明显。

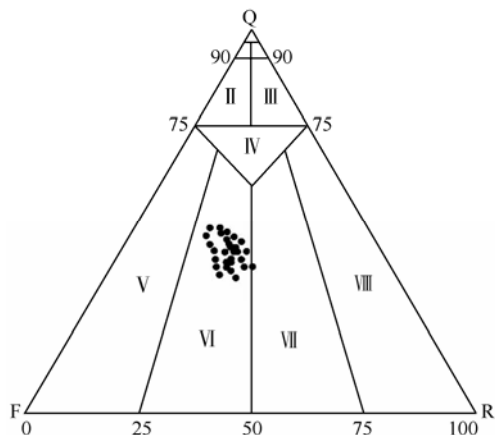


图 1 东营凹陷孔店组砂岩分类图(据 Fork, 1974)

Fig. 1 Classification diagram of the member 4 of the Kongdian Formation in Dongying sag

I—石英砂岩; II—长石英砂岩; III—岩屑石英砂岩;
IV—长石岩屑石英砂岩; V—长石砂岩; VI—岩屑长石砂岩;
VII—长石岩屑砂岩; VIII—岩屑砂岩

2 主要成岩作用

通过研究区孔店组大量岩石普通薄片、铸体薄片、扫描电镜的观察和 X 衍射粘土矿物分析,结合

阴极发光薄片资料,详细研究了东营凹陷孔店组深部储层的成岩现象特征。成岩现象比较复杂,类型较多,与储层质量相关的主要有压实作用、胶结作用、溶蚀作用和交代作用。

2.1 较强烈的压实作用

根据 Housknecht(1987)提出的压实率指标计算,在 2 100 m 以上,砂岩储层的压实率在中等范围的占 69.1,说明压实程度以中等压实为主;在 2 350 m 以下,压实程度为中等偏强;在 2 500 m 以下的为强压实程度。研究区孔店组储层埋藏深度主要为 2 500~5 000 m,理论上应属于强烈压实作用深度范围。镜下特征显示,该区储层的机械压实作用使长石、石英及刚性岩屑呈凹凸型粒内破裂(有时被方解石或粘土矿物充填);石英、长石、泥岩岩屑、灰屑及一些蚀变的火山岩屑呈挤压变形、嵌入。颗粒因压实而定向排列,颗粒接触程度提高(点一线凹凸),呈缝合线接触(图 2A、B);黑云母、白云母等柔性矿物被压弯变形。

2.2 多期次碳酸盐矿物的强烈胶结作用

研究区孔店组碳酸盐胶结现象主要有早期方解石胶结、早期白云石胶结、晚期铁方解石胶结、晚期铁白云石胶结。胶结作用比较复杂,不同的碳酸盐矿物胶结方式发生在不同的成岩作用阶段,早期方解石胶结主要呈基底式胶结(图 2A),这种方解石胶结主要发生在早成岩期,由于孔店时期气候比较干旱,湖盆水体为盐湖-半咸水湖泊,水体中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 浓缩,形成超 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的湖水,早期这类碳酸盐矿物起到了很强的胶结作用。孔店组岩性主要有灰质砂岩、砂质灰岩、白云质砂岩和砂质白云岩夹层,碳酸盐矿物含量高。该类砂岩颗粒多呈悬浮状,并且碳酸盐胶结物有溶解现象,通常认为这类方解石为准同生-早成岩期的产物,且胶结作用比较强烈。

另一类现象为白云石胶结物交代早期形成的方解石胶结物,白云石分布在方解石胶结周围,呈零星产出(图 2K),并发现周围有溶解现象,这种白云石胶结为准同生白云岩作用的产物。晚期 Fe^{2+} 在强还原环境下,可以进入 CaCO_3 和 MgCO_3 矿物的晶格中,形成铁方解石和铁白云石,孔店组由于埋藏较深,后期沙四时期湖盆碱性流体的持续侵入,且在强还原环境下形成,这类碳酸盐胶结现象很多。整个东营凹陷孔店组均发育了这样一种铁碳酸盐胶结(图 2L)。尽管孔店组为碱性成岩环境,但后期流体对成岩的影响较大,后期流体中含铁组分较大,为形成含铁碳酸盐以及菱铁矿都提供了良好的条件,铁碳酸盐胶结为中成岩期的产物。研究区碳酸盐强烈胶结,一方面导致储层致密化,不利于储层

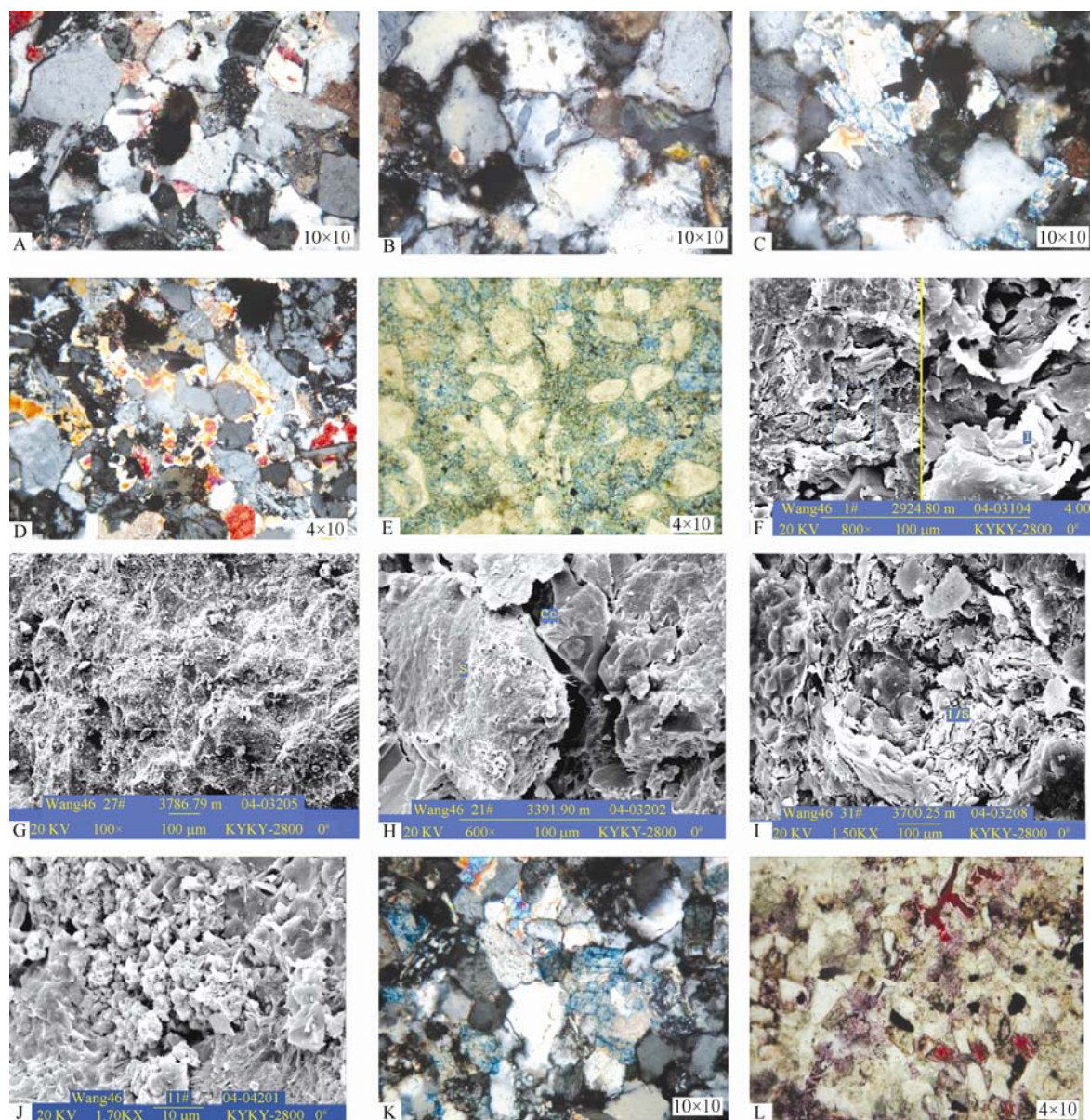


图 2 研究区孔店组主要成岩作用

Fig. 2 Diagenetic phenomenon of Kongdian Formation in Dongying sag

A—颗粒缝合线接触, 石英次生加大, 早期碳酸盐胶结作用堵塞孔隙吼道, 新东风 10, K1, 4 077.1 m; B—颗粒缝合线接触, 石英次生加大, 新东风 10, K1, 4 058 m; C—硬石膏交代石英, 新东风 10, K1, 4 058 m; D—硬石膏强烈胶结, 方解石胶结, 新东风 10, K1, 4 058 m; E—白云石强烈胶结作用, 新利深 1, K1, 4 412 m; F—粒间充填片状伊利石, 王 46, K1, 2 952.29 m; G—致密粉砂岩, 压实作用比较强烈, 王 46, K1, 3 786.79 m; H—粒间充填方解石, 颗粒表面膜状蒙皂石, 王 46, K1, 3 391.9 m; I—充填伊/蒙混层粘土矿物, 王 46, K1, 3 786.79 m; J—粒间填充的硬石膏, 王 46, K1, 4 406 m; K—硬石膏胶结发育, 方解石胶结部分被白云石化, 方解石见溶孔, 新东风 10, K1, 4 071.5 m; L—晚期铁白云石胶结, 粘土矿物填充, 新东风 10, K1, 4 079.5 m.

原生孔隙的保存; 另一方面, 碳酸盐岩胶结物可以被酸性流体溶解, 形成次生孔隙, 这是深部储层孔隙改善的重要途径之一, 研究区碳酸盐胶结物溶蚀孔隙比较普遍。

2.3 硅质强烈胶结作用

以多期次石英次生加大为主。3 期石英次生加大均可以见到: 1 期石英次生加大主要分布在颗粒边缘, 形成自形晶面的加大边; 2 期石英次生加大发育较多, 多以自形晶出现, 多数沿着石英颗粒面

生长, 少数呈自形石英晶粒(图 2B); 3 期石英次生加大也较多, 这类石英颗粒多呈缝合线接触和镶嵌状接触(图 2A)。3 期石英次生加大成因不同, 1 期石英次生加大主要为早期石英溶解作用形成, 由于东营凹陷孔店-沙四下时期, 湖盆以碱性盐湖环境为主, 硅质在成岩早期发生局部溶解, 沿着石英颗粒形成次生加大边; 2 期和 3 期石英次生加大, 主要发生在酸性流体注入, 大量长石等铝硅酸盐与酸性流体发生反应以及粘土矿物热演化, 这些铝硅酸盐

与酸发生反应形成 SiO_2 ，流体携带 SiO_2 有的沿着石英颗粒表面沉淀，有的则在孔隙中沉淀，充填孔隙，导致岩石发生强烈致密化。

2.4 硬石膏强烈胶结作用

主要表现为强烈胶结作用和对其他颗粒的交代(图 2C、D)，硬石膏交代长石颗粒和石英颗粒，胶结方式主要呈基底式胶结(图 2D)。镜下鉴定表明，硬石膏主要有两种胶结方式：a. 硬石膏呈基底式胶结于颗粒之间，不存在穿插和切割现象，这类硬石膏胶结主要发生同生期-早成岩 A 期，研究区这类硬石膏胶结比较普遍(图 2D)；b. 充填于长石、岩屑等溶蚀孔隙(图 2C)，或交代方解石胶结物，这类硬石膏胶结主要发生在酸性流体注入和长石溶解之后，富 Ca^{2+} 与 SO_4^{2-} 重新组合形成，这类方解石胶结比较少见。这类硬石膏胶结现象在类似的含油气盆地中也可以发现。

2.5 多种成因粘土矿物胶结作用

研究区粘土矿物在碎屑岩中可以两种形式出现，一部分为早期的粘土杂基，这部分粘土矿物主要是机械成因，常以粒状出现(图 2H)；另一部分是

后期化学沉淀形成的粘土矿物，如自生高岭石、自生伊利石和自生绿泥石(图 2F)，这类自生粘土矿物常以片状出现。前者跟沉积时期的湖盆水介质有关，后者主要跟成岩期流体性质和热演化有关。X 衍射结果表明，孔店组深层碎屑岩主要粘土矿物有高岭石、伊利石、绿泥石、伊/蒙混层(表 1)。关于深层碎屑岩粘土矿物的成岩演化过程中的转变问题，陈鑫等对渤南洼陷深层粘土矿物在成岩演化过程中的特征进行过详细研究，并提出高岭石与石油的大量出现伴生产出，主要因为石油对高岭石的存在有一定的保存意义^[12]。表 2 显示高岭石含量较高，这些高岭石多数呈片状，多为后期演变而来，这与前面碎屑岩的原始物质组分中长石含量较高的特点比较符合，因而证明了该类高岭石是以后期胶结物的形式出现。另外，绿泥石含量较高，这主要与后期含 Fe^{2+} 、 Mg^{2+} 流体的侵入有关。伊/蒙混层比数据显示，粘土矿物转化带主要出于第 1 转化带和第 2 转化带，少数达到第 3 转化带，表明了成岩作用主要出于中成岩 A—中成岩 B 期。

表 1 东营凹陷孔店组粘土矿物 X 衍射
Table 1 X-diffraction analysis of clay mineral of the Kongdian Formation in Dongying basin

井号	井深/m	层位	岩石类型	粘土总量/%	粘土矿物相对比例/%				伊/蒙间层比
					伊/蒙间层	伊利店	高岭石	绿泥石	
HK1	3 491.70	孔店组	泥质粉砂岩	22	35	57	6	2	20
	4 013.23		含硬石膏质粉砂岩	22	24	28	18	3	20
	4 013.28		含碳酸盐质含泥质粉砂岩	7	13	29	12	46	15
	5 103.85		极细粒长石砂岩	10	35	47	8	10	20
	5 271.76		泥灰质粉砂岩	4	38	38	9	15	20
W16	2 997.10	孔店给	极细粒岩屑长石砂岩	11.00	33	20	19	28	20
	3 786.79		细-极细粒岩屑长石砂岩	2.00	16	27	27	30	20
	3 786.69		中粒岩屑长石砂岩	5.00	24	20	15	41	20
	3 788.25		极细砂质粉砂岩	8.00	27	41	16	16	20
	3 791.35		含灰质极细粒石砂岩	7.00	44	32	11	13	20
WX131	2 254.96	孔店组	泥质粉砂质极细粒	15.00	73	13	8	6	55
			岩屑长石砂岩						
	2 368.00		极细粒岩屑长石砂岩	4.00	62	22	8	8	20
W100	2 021.70	孔店组	细粒长石砂岩	8.00	51	34	8	7	50
	2 112.50		灰质极细粒岩屑长石砂岩	8.00	71	14	7	8	55
	2 177.25		细粒岩屑长石砂岩	11.00	52	22	13	13	50
	2 179.50		含泥质极细粒岩屑长石砂岩	5.00	59	13	21	7	55
	2 259.60		中细粒岩屑长石砂岩	3.00	35	19	33	13	20
	2 262.00		细粒岩屑长石砂岩	7.00	64	14	16	6	55

表 2 东营凹陷孔店组溶蚀孔隙类型统计
Table 2 Solution pore type of Kongdian Formation in Dongying sag

井号	井深/m	层位	岩石类型	粒间孔/%	溶孔/%	溶蚀类型
W100	2 207.15	Ek	细粒长石砂岩	6	4	次生孔为粒间溶孔及长石内溶孔
L.90	2 389.98	Ek	含碳酸盐质中国细粒岩屑长石砂岩	1	2	溶蚀孔隙为碳酸盐胶结物溶孔
HK1	5 270.60	Ek	极细粒长石砂岩		0.5	长石溶孔
WX131	2 375.00	Ek1	含灰质极细粒岩屑长石砂岩	3	0.5	长石溶孔

2.6 不稳定组分溶蚀作用

溶蚀作用是改善储层质量的主要途径,研究区溶蚀作用主要表现为碎屑颗粒和胶结物的溶蚀作用。碎屑颗粒包括石英颗粒的局部溶解、长石颗粒的大量溶解(表 2)和岩屑颗粒的溶解;胶结物的溶解主要表现为碳酸盐胶结物的溶解(图 2E,表 2)。研究区长石的溶解主要表现为沿着长石颗粒边缘的溶解和整个长石颗粒的溶解,这是引起深部储层空间的重要原因之一。长石的大量溶解主要与有机酸流体的侵入有关,东营凹陷成岩早期主要为碱性水介质和成岩流体性质,因此早期长石的溶解作用不发育或者是局部少量发育,大规模的长石溶解主要发生在中成岩 A 期有机酸的大量排出之后。碳酸盐胶结物的溶解同粘土矿物的转化有关,特别是混层的脱水作用提供的 H^+ 为碳酸盐的溶解提供了酸性来源。成岩序列上,不能作为比较典型的成岩证据来判断成岩事件的发生顺序。另外一种溶蚀现象为石英的溶解,东营凹陷沙四段为碱性盐湖环境,湖盆水介质势必对早期形成的孔店组地层产生一定的影响,这种碱性环境促使了硅质成分的溶解,是早期石英次生加大的主要硅质来源,代表了原始碱性成岩环境。

2.7 强烈交代作用

研究区交代作用比较明显,主要为白云石交代长石(图 2K)、硬石膏交代长石溶蚀颗粒边缘(图 2C),长石绢云母化等。交代作用主要发生在溶蚀作用之后,是后期流体中某种物质沉淀而成。尽管交代作用没有大规模的改变储层物性,但局部的交代作用会导致储层变致密,成为较致密的碎屑岩。

3 成岩演化阶段划分

在充分研究埋藏史、地热史、有机质演化史、泥岩中粘土矿物演化和成岩矿物特征的基础上,依据应凤祥等成岩阶段的划分方案及其标志,对东营凹陷孔店组碎屑岩的成岩演化阶段进行了划分^[13]。孔店组最大埋藏深度位于湖盆中央郝科 1 井附近,该区沉积厚度大,埋藏深度较深,可达 7 000 m,主要由杂基和胶结物成分较高的砂岩类组成,镜质体反射率相差较大, $R_o=0.6\%\sim 4.2\%$ (表 3)。研究区深部储层主要深度范围 2 500~6 000 m,按照该标准,主要处于中成岩 A—中成岩 B 期,少数区域达到晚成岩期。伊/蒙混层比数据显示,深度介于 2 500~6 000 m,混层比主要为 15~50,说明处于第 1—第 2 迅速转化带,主要处于中成岩 A 期,少数研究区埋藏深度较浅的混层比甚至大于 50,说明尚处于早成岩 B 期。镜下矿物特征也明显具有中成岩 B 期的特点(如图 2)。

表 3 孔店组泥岩镜质体反射率

Table 3 Vitrinite reflectance of mudstone of Kongdian Formation in Dongying sag

井号	井段/m	层位	岩石名称	$R_o/\%$	测点数	离差
W46	4 112.5	Ek1	灰色泥岩	1.11	3	0.06
	4 204.36	Ek1	灰色泥岩	1.21	9	0.06
	1 205.05	Ek1	深灰色泥岩	1.25	13	0.05
SK1	6 921	Ek2	泥岩	4.04	2	0.10
	6 954	Ek2	泥岩	4.13	20	0.08
	6 957	Ek2	泥岩	4.12	16	0.12
	6 998	Ek2	泥岩	4.11	23	0.14
	7 013	Ek2	砂质泥岩	4.13	24	0.11
	6 932	Ek2	泥岩	4.10	19	0.11
	7 025.8	Ek2	泥岩	1.16	20	0.08
b410	3 372	Ek1	深灰色泥岩	0.63	6	0.04
	3 396	Ek1	深灰色泥岩	0.63	10	0.04

综合以上分析表明,2 500~4 000 m 埋深区,目前主要处于中成岩 A 期;4 000~6 000 m 埋深区,目前处于中成岩 B 期;少数深度大于 6 000 m 地区,目前处于晚成岩期。

4 成岩作用对深部储层的影响

储层质量受沉积作用、成岩作用和构造活动等因素影响。深部储层,埋藏深度较大,沉积作用对储层的影响逐渐减弱,而成岩作用的改造对储层的影响加强^[14-19]。

4.1 压实作用是深部碎屑岩致密化的主要原因

压实作用对 7 储层的影响表现为负相关性,即压实作用越强,储层质量变差。压实作用导致石英、长石等颗粒的重组和排列。研究区孔店组的压实作用是原生孔隙降低的主要原因。原生孔隙降低在镜下主要表现为:a. 颗粒的缝合线接触,原生孔隙大量损失,这类接触现象在深部碎屑岩中较为普遍,特别是在 4 500 m 以下的地层中,颗粒之间的接触关系基本属于此类;b. 盆地中央的大量硬石膏胶结的砂岩中,压实作用明显,压溶现象也比较明显,由于早期胶结物的保存作用,尚存在一定的原生粒间孔隙。研究表明,压实作用主要引起早期成岩作用孔隙的大量减少,随着成岩演化的加强,压实作用的影响减弱。

4.2 胶结作用对深部碎屑岩储层的影响

胶结作用最开始发生在同生期成岩阶段,贯穿于岩石的整个成岩演化过程。早期的原始流体介质及元素富集规律,是胶结作用发生的基础。后期的流-岩反应改变了岩石的成岩格局,并留下了典型的胶结现象。众所周知,沉积物沉积过程中的化学沉积分异作用为氧化物—磷酸盐—硅酸盐—碳酸盐—硫酸盐—卤化物的沉积序列。孔店期,东营凹陷为

干旱—半干旱的盐湖沉积环境。这种沉积分异现象比较明显,主要表现在湖盆中央盐湖环境的硬石膏胶结,湖盆边缘扇体沉积环境下的硅酸盐胶结,如粘土矿物胶结现象比较明显。这些早期的胶结现象影响了后期的成岩格局。研究表明,诸如东营断陷湖盆的盐湖环境下的沉积物,盆地边缘发育砂砾岩体,粘土矿物胶结作用和钙质胶结作用比较明显,而盆地中央硬石膏胶结作用比较明显,碳酸盐胶结比较发育。

胶结作用对深部碎屑岩储层的影响主要表现在两个方面:一方面,胶结作用堵塞了原生孔隙,使颗粒呈漂浮状分布于胶结物中间,这类胶结物现象在研究区非常明显,主要表现为硬石膏胶结作用、原生方解石强烈胶结作用、石英次生加大堵塞孔隙现象、自生粘土矿物堵塞孔隙现象、早期溶蚀孔隙被后期成岩胶结物堵塞现象等,由于成岩作用强烈,多期次胶结物充填孔隙导致了深部碎屑岩的高致密;另一方面,部分胶结物在酸性条件下容易发生溶解现象,如方解石和硬石膏的溶解,这是改善深部储层的重要因素之一。

4.3 溶解作用是改善深部碎屑岩物性的主要因素

前已述及,孔店组原始沉积流体主要为碱性环境。然而,随着成岩演化的进行,岩石中的流体性质逐渐发生变化,特别是有机质开始转化后,流体开始向酸性方向变化。研究表明,这种酸性流体主要来源于有机质成熟过程中释放出的酸性流体和粘土矿物转化过程中释放出的 H^+ ,另外,对于东营凹陷碱性环境下的硫酸盐胶结较多的碎屑岩,后期的硫酸盐与烃类物质发生氧化还原反应生成 H_2S ,使地层处于酸性环境。在以上酸性流体环境下,部分碎屑颗粒以及胶结物会发生溶解。

研究区改善储层物性的溶蚀作用主要有长石颗粒的溶蚀和碳酸盐胶结物的溶解,这两类溶蚀现象是改善深部碎屑岩储层的主要因素。其中,长石的溶蚀现象以斜长石为主,钾长石较少,同时,伴随溶蚀作用的发生,流体中可析出高岭石、石英等次生产物。

5 结 论

a. 东营凹陷孔店期原始沉积流体为碱性环境,岩性主要为岩屑长石砂岩,其次为长石岩屑砂岩,化学沉积分异作用导致了不同地区胶结物性质的差异。原始碎屑组分及胶结物成分决定了后期的成岩演化及特征。

b. 通过薄片鉴定及扫描电镜观察,孔店组深部碎屑岩与储层相关的成岩现象主要包括强烈的压实作用、硬石膏胶结作用、碳酸盐胶结、铁碳酸盐胶结、硅质强烈胶结、多种成因粘土矿物胶结、强烈

交代作用和溶蚀作用等,且每种成岩现象代表了一定的成岩演化意义。

c. 孔店组深部碎屑岩储层受成岩作用改造比较明显,压实作用是引起深部碎屑岩致密化的主要原因,硬石膏强烈胶结、碳酸盐胶结和硅质强烈胶结作用是引起储层致密化的又一重要原因,溶解作用是深部碎屑岩储层改善的主要成岩因素。

参考文献

- [1] 李忠,陈景山,关平. 含油气盆地成岩作用的科学问题及研究前沿[J]. 岩石学报, 2006, 22(8): 2113-2122.
- [2] 朱如凯,郭宏莉,高志勇,等. 碎屑岩储层成岩流体演化与储集性及油气运移关系探讨[J]. 地质学报, 2008, 82(6): 835-842.
- [3] CURTIS C D. Possible link between sandstone diagenesis and depth-related geochemical reactions occurring in enclosing mudstones[J]. Journal of the Geological Society, 1978. 135: 107-114.
- [4] 李忠,韩登林,寿建峰. 沉积盆地成岩作用系统及时空属性[J]. 岩石学报, 2006, 22(8): 2151-2164.
- [5] 杨伟利, 陈义宝. 八面河地区孔店组河流—冲积相层序地层学研究[J]. 西安石油大学学报, 2008, 23(4): 26-29.
- [6] 尹兵祥,王尚旭,杨国权,等. 渤海湾盆地东营—惠民凹陷古近系孔店组孔二段地震相与沉积相[J]. 古地学期, 2004, 6(1): 50-56.
- [7] 吕明才,张立强,史文东,等. 东营凹陷南斜坡孔店组冲积体系碎屑岩储层特征及评价[J]. 西安石油大学学报, 2004, 19(6): 5-9.
- [8] 李军亮. 渤海湾盆地东营凹陷深层砂砾岩储层成岩演化特征[J]. 石油实验地质, 2008, 30(3): 252-255.
- [9] 李忠,寿建峰,王生朗. 东濮凹陷砂岩储层成岩作用及其对高压致密气藏的制约[J]. 地质科学, 2000, 35(1): 96-104.
- [10] 张鼎,田作基,吴胜华,等. 川西须家河组储层成岩演化[J]. 岩石学报, 2008, 24(9): 2179-2184.
- [11] 朱如凯,邹才能,张鼎,等. 致密砂岩气藏储层成岩流体演化与致密成因机理—以四川盆地上三叠统须家河组为例[J]. 中国科学 D 辑, 2009, 39(3): 327-339.
- [12] 陈鑫,钟建华,袁静,等. 渤南洼陷深层碎屑岩储集层中的粘土矿物特征及油气意义[J]. 石油学报, 2009, 30(2): 201-207.
- [13] 应凤祥,罗平,何东博,等. 碎屑岩储集层成岩作用与成岩数值模拟[M]. 北京:石油工业出版社, 2004.
- [14] 樊爱萍,杨仁超,韩作振,等. 辽河拗陷东部凹陷古近系碎屑岩储层成岩控因[J]. 西北大学学报, 2009, 39(1): 92-96.
- [15] 于波,崔智林,刘学刚,等. 西峰油田长 8 储层砂岩成岩作用及对孔隙影响[J]. 吉林大学学报, 2008, 38(3): 405-410.
- [16] 田景春,谭先锋,孟万斌,等. 箕状断陷湖盆陡坡带层序地层格架内成岩演化研究[M]. 北京:地质出版社, 2008.
- [17] 黄思静,谢连文,张萌,等. 中国三叠系陆相砂岩中自生绿泥石的形成机制及其与储层孔隙保存的关系[J]. 成都理工大学学报, 2004, 31(3): 273-281.
- [18] 朱平,黄思静. 粘土矿物绿泥石对碎屑岩储集岩孔隙的保护[J]. 成都理工大学学报, 2004, 31(2): 153-156.
- [19] 谭先锋,田景春,李祖兵,等. 碱性沉积环境下碎屑岩的成岩演化[J]. 地质通报, 2010, 4(20): 6-14.